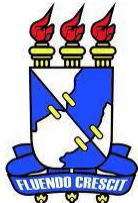
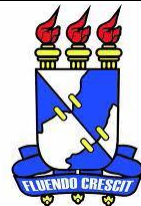


Anexo I: Formulário da FMEA

|  <p style="text-align: center;">ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS FMEA DE PRODUTO PARA MANUTENÇÃO DE BOMBA CENTRÍFUGA</p> <p style="text-align: center;">Universidade Federal de Sergipe/Centro de Ciências Exatas e Tecnologia/Departamento de Engenharia Mecânica Elaborado por: João Victor Abdallah Jardim</p> <p style="text-align: right;">DATA: 02/01/2015 REVISÃO: 00</p> | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---|---|---|---|--|---|-----|--|---|
| Componente | Função | Modo de Falha | Efeito | S | Causa | O | Meio de detecção | D | RPN | Ações Corretivas | Ações Preventivas |
| Rotor | Fornecer energia cinética ao fluido (Macintyre, 2013). | Fornecimento insuficiente de energia cinética. | Queda do rendimento e da potência útil da máquina (Pfleiderer, 1979 e Macintyre, 2013); vibração e ruído (Macintyre, 2013). | 8 | Desgaste por cavitação. | 8 | Barulho comparável ao de um martelo batendo intermitentemente nas paredes da máquina (Pfleiderer, 1979 e Macintyre, 2013). Oscilação no manômetro da sucção (Sigmarhoh, [200-]). A superfície do material que sofre cavitação fica com aspecto esponjoso, rendilhado e corroído (Macintyre, 2013). | 2 | 128 | Preencher nos locais gastos solda elétrica adequada ao material, esmerilhando em seguida. Outra forma é aplicar uma ou mais camadas de neoprene, um tipo de elastômero (Macintyre, 2013). | Trabalhar sempre com o NPSH disponível maior que o NPSH requerido. Assegurar perfeito polimento das superfícies do rotor (Pfleiderer, 1979). Selecionar materiais com melhores propriedades à cavitação. Aço níquel, aço cromo (12Cr) e ligas de aço inoxidável especiais (18 Cr-8Ni) possuem alta resistência à cavitação. Ferro fundido possui resistência inferior (Macintyre, 2013). O emprego de revestimento de elastômeros, tal como o neoprene, poliuretano e o estireno-butadieno aumenta a resistência à cavitação (Macintyre, 2013). Utilizar rotor com um número suficientemente grande de pás (Macintyre, 2013); Pequeno valor para o ângulo β_1 das pás, que deve estar compreendido entre 15° e 30° (Macintyre, 2013). |
| | | | Baixas velocidades de rotação (Macintyre, 2013). | 8 | Corrosão-erosão. | 8 | Ranhas e ondulações na superfície, com contornos característicos do escoamento de um fluido (Callister, 2008). | 2 | 128 | | Verificar se a tubulação de sucção não está suficientemente submersa. Isso pode causar redemoinhos e a consequente entrada de ar na bomba (Sigmarhoh, [200-]). A redução a ser usada na entrada da bomba deve ser excêntrica para evitar o acúmulo de bolhas de ar (EH Bombas Hidráulicas). Esse tipo de corrosão acontece normalmente em regiões sujeitas a altas velocidades (Affonso, 2006), portanto trabalhar a rotações moderadas. Utilizar rotores de materiais resistentes a combinação corrosão-erosão. Um material utilizado na construção de rotores e que é resistente a esse mecanismo de falha é o aço inoxidável duplex (Karassik et al., 2001); considerar sempre o fluido bombeado na escolha do material. |
| | | | Baixo rendimento da bomba (Centrais Elétricas Brasileiras, 2005). Vibração da máquina (Karassik et al 2001). | 8 | Desgaste por recirculação. | 8 | Vibração (Karassik et al., 2001). Bomba operando a uma vazão muito baixa; o barulho causado pela recirculação assemelha-se àquele causado pela cavitação (Centrais Elétricas Brasileiras, 2005). | 3 | 192 | Preencher nos locais gastos solda elétrica adequada ao material, esmerilhando em seguida (Macintyre, 2013). Caso necessário, substituir o rotor. Rever o projeto do sistema; o ponto de operação da bomba não deve estar a uma vazão muito baixa (Affonso, 2006). | O projeto do sistema deve definir um ponto de operação em que a vazão não seja muito baixa (Affonso, 2006). |
| | | | A bomba não recalca (EH Bombas Hidráulicas, [199-?]). | 7 | Obstrução de passagem de fluidos (rotor fechado). | 8 | Inspeção visual do rotor; vibração excessiva (EH Bombas Hidráulicas, [199-?]). | 1 | 56 | Limpeza. | Utilização de rotor semi-aberto evita entupimentos. |



ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS

FMEA DE PRODUTO PARA MANUTENÇÃO DE BOMBA CENTRÍFUGA

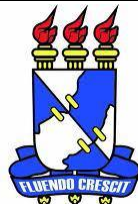
Universidade Federal de Sergipe/Centro de Ciências Exatas e Tecnologia/Departamento de Engenharia Mecânica

Elaborado por: João Victor Abdallah Jardim

DATA: 02/01/2015

REVISÃO: 00

| Componente | Função | Modo de Falha | Efeito | S | Causa | O | Meio de detecção | D | RPN | Ações Corretivas | Ações Preventivas |
|-----------------------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|-----|---|--|
| Porca do rotor | Junto ao elemento rosqueado do eixo, fornecer fixação do rotor ao eixo. | Não promove fixação eficaz do rotor ao eixo. | Excesso de vibração; risco de danos no rotor, no eixo e em outros componentes da bomba e queda do rendimento da bomba. Além disso, condição insegura do sistema. | 9 | Desgaste das roscas da porca. | 5 | Excesso de vibração; inspeção visual da porca do rotor. | 1 | 45 | Substituição da porca do rotor e substituição ou reparo de outros componentes que possam ter sido danificados. | A reutilização de porcas (e parafusos) deve ser feita com muita cautela. Em casos críticos, como a porca do rotor, é necessária inspeção cuidadosa, procurando-se por filetes deformados, trincas ou outros defeitos (Affonso, 2006). Caso haja qualquer tipo de dano, substituir a porca. |
| Arruela do rotor | Distribuir a carga de aperto de maneira uniforme entre o rotor e a porca do rotor. | Falta de distribuição da carga entre a porca e o rotor. | Relaxamento do aperto entre o rotor e a porca, causando vibração excessiva e podendo danificar o eixo, mancais, engaxetamento e outros componentes. Devido ao aumento de perdas energéticas, há uma redução do rendimento da bomba. | 8 | Esquecimento da arruela durante montagem da bomba. | 4 | Vibração excessiva. Inspeção visual da fixação do rotor no eixo. | 2 | 64 | Verificar possíveis danos em componentes da bomba. Acrescentar arruela do rotor. | O esquecimento de arruelas na montagem de equipamentos e máquinas é um problema comum (Atlas Copco, 2003). Montar a bomba seguindo o passo a passo do guia de montagem do manual da máquina; realizar um check list. |
| Eixo | Transmitir rotação para o rotor. | Não transmite rotação. | Fluido não é recalcado. | 8 | Fratura do eixo por fadiga. | 6 | Bomba para de funcionar; inspeção visual. | 1 | 48 | Inspeccionar outros componentes da bomba que possam ter sido danificados pela fratura do eixo (mancais, rotor, carcaça, etc.) e realizar a manutenção necessária. | Não operar a bomba sob condições de cavitação, recirculação ou outros meios de vibração, pois favorecem a falha por fadiga do eixo. Em paradas para manutenção, observar sinais de corrosão, a qual também favorece a falha por fadiga (Affonso, 2006). |
| | | | | 8 | Fratura em rasgo de chaveta. | 6 | Bomba para de funcionar; inspeção visual. | 1 | 48 | Inspeccionar outros componentes da bomba que possam ter sido danificados pela fratura do eixo (mancais, rotor, carcaça, etc.) e realizar a manutenção necessária. | O acoplamento deve estar sem folgas, evitando impactos que favoreçam a falha por fadiga; cuidado especial na fabricação de chavetas, atentando para suas tolerâncias e na sua dureza, que deve ser sempre menor que a dureza do eixo (Affonso, 2006). |
| Tampa da caixa de mancal | Receber a junta e o retentor de graxa para permitir a vedação da caixa de mancal. | Não veda a caixa de mancal. | Vazamento do lubrificante e o consequente desgaste prematuro dos rolamentos. | 6 | Assentamento ineficaz da junta devido a irregularidades da superfície da tampa ou presença de partículas estranhas. | 6 | O vazamento do lubrificante pela tampa da caixa de mancal pode indicar falha da tampa. | 1 | 36 | Reparar a superfície da tampa da caixa de mancal e garantir que a superfície esteja livre de partículas estranhas. | Na primeira montagem, verificar o estado da superfície de assentamento da junta, a qual deve estar regular e livre de impurezas. |
| Junta da tampa da caixa de mancal | Atuar na vedação da caixa de mancal. | Não atua na vedação da caixa de mancal. | Vazamento do lubrificante e o consequente desgaste prematuro dos rolamentos. | 6 | Desgaste da junta. | 6 | O vazamento do lubrificante da caixa de mancal pode ser sinal de junta desgastada; inspeção visual. | 1 | 36 | Substituir a junta da tampa da caixa de mancal. Repor o lubrificante da caixa de mancal, caso seja necessário. Avaliar danos nos rolamentos. | Em paradas da bomba para manutenção, verificar se a junta ainda terá uma vida útil que justifique a sua não substituição. |
| | | Atua como elemento de obstrução dos canais de circulação do lubrificante (Affonso, 2006). | Deficiência na lubrificação dos mancais e o consequente desgaste prematuro desses componentes. | 6 | Montagem da junta na posição invertida (Affonso, 2006). | 6 | O vazamento do lubrificante da caixa de mancal pode ser sinal de junta desgastada; inspeção visual. | 1 | 36 | Inverter a posição da junta da caixa de mancal. Observar os danos nos rolamentos. | Treinamento das pessoas envolvidas na manutenção e montagem da bomba. Seguir o guia de montagem da bomba no manual da máquina. |



ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS

FMEA DE PRODUTO PARA MANUTENÇÃO DE BOMBA CENTRÍFUGA

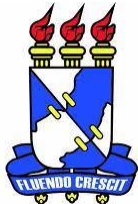
Universidade Federal de Sergipe/Centro de Ciências Exatas e Tecnologia/Departamento de Engenharia Mecânica

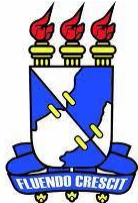
Elaborado por: João Victor Abdallah Jardim

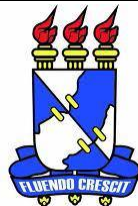
DATA: 02/01/2015

REVISÃO: 00

| Componente | Função | Modo de Falha | Efeito | S | Causa | O | Meio de detecção | D | RPN | Ações Corretivas | Ações Preventivas |
|----------------------|--------------------------------|--|---|---|---|---|---|---|-----|--|---|
| Mancais de rolamento | Dar suporte a eixos rotativos. | Não dá suporte adequado ao eixo devido à redução da vida útil. | Possíveis danos no eixo e em outros componentes da bomba. A bomba fica inoperável; não há recalque do fluido. | 8 | Fratura por fadiga do mancal devido à montagem incorreta. | 6 | Bomba para de funcionar; inspeção visual. | 1 | 48 | Substituir rolamentos e inspecionar outros componentes da bomba que possam ter sido danificados pela fratura do mancal (eixo, rotor, carcaça, etc.) para realizar a manutenção necessária. | Partículas estranhas podem ser prensadas entre os elementos rodantes e a pista, causando identações, locais de início de trincas. Uso de impacto e força excessiva também podem gerar trincas (Affonso, 2006). Treinamento de pessoal para montagem correta reduz os riscos de falhas desse componente devido à fadiga. |
| | | | Possíveis danos no eixo e em outros componentes da bomba. A bomba fica inoperável; não há recalque do fluido. | 8 | Fratura por fadiga do mancal devido ao desalinhamento. | 8 | Bomba para de funcionar; inspeção visual. | 1 | 64 | Substituir rolamentos e inspecionar outros componentes da bomba que possam ter sido danificados pela fratura do mancal (eixo, rotor, carcaça, etc.) para realizar a manutenção necessária. | Aferir a excentricidade entre os mancais, a perpendicularidade entre os mancais e o eixo e verificar se o eixo está empenado (Affonso, 2006). Verificar os limites de desalinhamento do tipo de rolamento utilizado (Affonso, 2006). |
| | | | Vibração excessiva e danos no engastamento (EH Bombas Hidráulicas, [199-?]). Possíveis danos no eixo e redução rendimento da bomba. | 6 | Desgaste do rolamento por deficiência de lubrificação. | 8 | Vibração excessiva (EH Bombas Hidráulicas, [199-?]). Rolamentos desgastados possuem um chiado característicos; além disso, numa inspeção visual do rolamento, a superfície da gaiola do rolamento rugosa é o primeiro sinal de falta de lubrificação (Affonso, 2006). | 1 | 48 | Substituir os rolamentos desgastados e substituir ou reparar outros componentes que possam ter sido danificados. Descobrir o porquê da lubrificação não ter sido adequada, a fim de permitir ações subsequentes (Affonso, 2006). | Seguir as orientações de lubrificação que se encontra no manual da bomba. Usar sempre o óleo ou a graxa indicados pelo fabricante da bomba (Sigmarhoh, [200-?]). |
| | | | | 6 | Desgaste do rolamento por excesso de lubrificante. | 8 | Sobreaquecimento dos rolamentos. Isso acarreta uma ligeira descoloração desse componente. Uma estimativa da temperatura a que o material atingiu pode ser feita através da cor que a superfície ficou (Affonso, 2006). | 1 | 48 | Substituir os rolamentos desgastados e substituir ou reparar outros componentes que possam ter sido danificados. Descobrir o porquê da lubrificação não ter sido adequada, a fim de permitir ações subsequentes (Affonso, 2006). | Seguir as orientações de lubrificação que se encontra no manual da bomba. Usar sempre o óleo ou a graxa indicados pelo fabricante da bomba (Sigmarhoh, [200-?]). |
| | | | | 6 | Deformação dos rolamentos através do içamento da bomba pelo eixo. | 5 | Observação do manuseio inadequado da bomba; inspeção dos rolamentos. | 3 | 90 | Substituir os rolamentos deformados e substituir ou reparar outros componentes que possam ter sido danificados. | Treinamento das pessoas envolvidas no manuseio da bomba. Seguir indicações de transporte da bomba ou do conjunto motobomba (EH Bombas Hidráulicas, [199-?]). |

|  <p style="text-align: center;">ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS FMEA DE PRODUTO PARA MANUTENÇÃO DE BOMBA CENTRÍFUGA</p> <p style="text-align: center;">Universidade Federal de Sergipe/Centro de Ciências Exatas e Tecnologia/Departamento de Engenharia Mecânica Elaborado por: João Victor Abdallah Jardim</p> <p style="text-align: right;">DATA: 02/01/2015 REVISÃO: 00</p> | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---|---|--|---|---|---|-----|--|--|
| Componente | Função | Modo de Falha | Efeito | S | Causa | O | Meio de detecção | D | RPN | Ações Corretivas | Ações Preventivas |
| Retentor de graxa | Reter a graxa na tampa do mancal. | Não retém a graxa. | Vazamento do lubrificante e o consequente desgaste prematuro dos rolamentos. | 6 | Desgaste do retentor durante montagem e desmontagem da tampa da caixa de mancal. | 6 | O vazamento do lubrificante pode ser sinal de retentor danificado; inspeção visual. | 1 | 36 | Substituir retentor de graxa e avaliar condições dos rolamentos. | Seguir guia de montagem e desmontagem da bomba. Usar ferramenta de face plana na montagem ou desmontagem do retentor, a fim de não danificá-lo (EH Bombas Hidráulicas, [199-?]). |
| | | | | 6 | Desgaste do retentor devido a exposição a altas temperaturas. | 6 | O vazamento do lubrificante pode ser sinal de retentor danificado; inspeção visual. | 1 | 36 | Substituir retentor de graxa e avaliar condições dos rolamentos. | Os retentores de graxa não devem ser aquecidos a temperaturas maiores do que 121 °C (Sigmarhoh, [200-]). |
| Parafuso da tampa do mancal | Transferir carga de fixação da tampa do mancal para o pedestal. | Não transferem adequadamente a carga. | Vazamento do lubrificante da caixa de mancal e o desgaste prematuro da junta, do retentor e da tampa da caixa de mancal e dos rolamentos. | 6 | Desgaste dos parafusos da tampa da caixa de mancal. | 6 | O vazamento do lubrificante da caixa de mancal pode ser um sinal do desgaste dos parafusos; realizar inspeção visual dos parafusos. | 1 | 36 | Substituir os parafusos e repor o lubrificante da caixa de mancal. Avaliar desgaste da junta, do retentor e da tampa da caixa de mancal | É importante identificar as causas dos desgaste dos parafusos tais como corrosão, esforços cíclicos, etc., a fim de tomar providências cabíveis. Deve-se ter cuidado no reaproveitamento de parafusos, procurando-se por filetes deformados, alongamento do parafuso e trincas, fatores que favorecem a falha por fadiga (Afonso, 2006). |
| | | | | 6 | Pré-carga baixa o suficiente para permitir a folga dos parafusos. | 3 | O vazamento do lubrificante da caixa de mancal pode ser um sinal do desgaste dos parafusos; realizar inspeção visual dos parafusos. | 1 | 18 | Substituir os parafusos e repor o lubrificante da caixa de mancal. Avaliar desgaste da junta, do retentor e da tampa da caixa de mancal | O aperto manual de parafusos pode gerar erros de $\pm 80\%$ na pré-carga (Afonso, 2006). Embora estes parafusos dispensem o uso de torquímetro ou outras ferramentas para o controle desse fator, durante a montagem deve-se ter certeza de que eles estão com a pré-carga suficiente. |
| Porca do parafuso da tampa do mancal | Junto ao parafuso da tampa do mancal, fixar a tampa do mancal ao pedestal. | Não promove fixação eficaz da tampa do mancal ao pedestal. | Vazamento do lubrificante da caixa de mancal e o desgaste prematuro da junta, do retentor e da tampa da caixa de mancal e dos rolamentos. | 6 | Desgaste da porca. | 6 | O vazamento do lubrificante da caixa de mancal pode ser um sinal do desgaste das porcas dos parafusos da tampa do mancal; inspeção visual das porcas. | 1 | 36 | Substituir as porcas desgastadas; repor o lubrificante da caixa de mancal; inspecionar estado da junta, do retentor e da tampa do mancal. | Em paradas para manutenção, não permutar as porcas entre os parafusos prisioneiros, mas manter cada porca ao seu parafuso inicial. Caso contrário pode haver deformações indesejáveis nas rocas das porcas. |
| Carcaça (voluta) | Transformar a energia cinética do fluido, fornecida pelo rotor, em energia de pressão. | Ineficiência da transformação de energia. | Menor energia de pressão entregue ao fluido, necessária para o recalque. Redução do rendimento da bomba. | 8 | Corrosão-erosão. | 8 | Inspeção visual da carcaça. A superfície fica com aparência lisa e com sulcos rasos na direção do escoamento do fluido (Afonso, 2006) | 2 | 128 | Recuperar a área da carcaça que sofreu corrosão-erosão através de enchimento de solda e posterior usinagem, caso a carcaça seja de aço. Se a carcaça for de ferro fundido as dificuldades técnicas geralmente levam à substituição do componente (Karassik et al, 2001). | Para bombas de um estágio, carcaça de ferro fundido são utilizadas, já que o custo é barato em relação a de outros materiais. No entanto, para fluidos corrosivos e abrasivos como produtos petrolíferos, é necessário especificar algum tipo de aço adequado a essa condição de trabalho, e não utilizar mais o ferro fundido. Carcaça em aço fundido inoxidável pode ser utilizada nesses casos (Karassik et al., 2001, p. 5.28). Aços austeníticos inoxidáveis CF-8M e CF-3M são aplicados em serviços corrosivos, adequados para lidar com uma vasta gama de pH, resistentes à erosão por alta velocidade e podem ser reparados com facilidade (Karassik et al., 2001, p. 5.29). |
| | | | | 8 | Trinca. | 5 | Inspeção visual da carcaça; inspeção por líquido penetrante. | 2 | 80 | Reparar a carcaça caso seja possível. Caso contrário, substituir o componente. | A tubulação de sucção nunca deve se apoiar na bomba. Isso pode trincar ou quebrar a carcaça, além de desalinhar o conjunto e causar outras avarias (EH Bombas Hidráulicas, [199-?]). |

|  <p style="text-align: center;">ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS FMEA DE PRODUTO PARA MANUTENÇÃO DE BOMBA CENTRÍFUGA</p> <p style="text-align: center;">Universidade Federal de Sergipe/Centro de Ciências Exatas e Tecnologia/Departamento de Engenharia Mecânica</p> <p style="text-align: center;">Elaborado por: João Victor Abdallah Jardim</p> <p style="text-align: right;">DATA: 02/01/2015 REVISÃO: 00</p> | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|---|----|--|---|--|---|-----|---|---|
| Componente | Função | Modo de Falha | Efeito | S | Causa | O | Meio de detecção | D | RPN | Ações Corretivas | Ações Preventivas |
| Junta da carcaça | Atuar na vedação da carcaça da bomba. | Não atua na vedação da carcaça da bomba. | Vazamento do fluido de trabalho e queda do rendimento da bomba. | 6 | Desgaste da junta. | 6 | Inspeção visual da bomba em operação, observando o vazamento pela carcaça. Inspeção visual da junta da carcaça. | 1 | 36 | Substituir a junta da carcaça. | Em paradas da bomba para manutenção, verificar se a junta ainda terá uma vida útil que justifique a sua não substituição. |
| Prisioneiros da carcaça | Transferir carga de fixação entre a carcaça e o pedestal. | Os prisioneiros não transferem adequadamente a carga. | Vazamento do fluido de trabalho, vibração excessiva e queda do rendimento da bomba. | 6 | Pré-carga baixa o suficiente para permitir a folga dos prisioneiros. | 4 | O vazamento do fluido através da carcaça e a vibração podem ser sinais de folga dos prisioneiros; inspeção do aperto dos prisioneiros. | 1 | 24 | Fornecer a pré-carga adequada aos prisioneiros. | O aperto manual de parafusos pode gerar erros de $\pm 80\%$ na pré-carga (Affonso, 2006). Utilizar métodos mais eficientes de apertos, com uso de torquímetro ou outros equipamentos, por exemplo. |
| Porca do prisioneiro da carcaça | Junto ao prisioneiro da carcaça, fixar a carcaça ao pedestal. | Não promove fixação eficaz da carcaça ao pedestal. | Vazamento do fluido de trabalho, vibração excessiva e queda do rendimento da bomba. | 6 | Desgaste da porca. | 6 | O vazamento do fluido através da carcaça e a vibração podem ser sinais de desgaste das porcas dos prisioneiros. Inspeção visual. | 1 | 36 | Observar sinais de desgaste dos filetes das rosca da porca e sinais de corrosão. Substituir as porcas desgastadas. | Em paradas para manutenção, não permutar as porcas entre os parafusos prisioneiros, mas manter cada porca ao seu parafuso inicial. Caso contrário pode haver acentuação de desgaste. Observar as condições das porcas a cada parada de manutenção. |
| Parafusos da base | Transferir carga de fixação entre a bomba e a base. | Os parafusos da base não transferem adequadamente a carga. | Vibração. Assim, ocorre o desgaste prematuro dos mancais, do eixo e de outros componentes. Condição extremamente insegura do sistema. | 10 | Folga dos parafusos da base. | 6 | A vibração descontrolada da bomba pode ser sinal de falha de algum parafuso da base; inspeção dos parafusos da base. | 2 | 120 | Parar imediatamente a bomba. Verificar possíveis danos nos componentes da bomba. Avaliar as condições dos parafusos. Realizar aperto utilizando um torquímetro ou outra ferramenta para o controle do torque. | O aperto manual de parafusos pode gerar erros de $\pm 80\%$ na pré-carga (Affonso, 2006). Utilizar métodos mais eficientes de apertos, com uso de torquímetro ou outras ferramentas para o controle do torque. |
| | | | | 10 | Falha por fadiga. | 6 | A vibração descontrolada da bomba pode ser sinal de falha de algum parafuso da base; inspeção dos parafusos da base. | 2 | 120 | Parar imediatamente a bomba. Substituir os parafusos da base com falhas ou defeitos. Verificar possíveis danos dos outros componentes da bomba. | Parafusos de ligações sujeitos a esforços cíclicos devem ser lubrificados e apertados com torquímetro ou com ferramentas hidráulicas (Affonso, 2006). Deve-se ter cuidado no reaproveitamento de parafusos, procurando-se por filetes deformados, alongamento do parafuso e trincas, fatores que favorecem a falha por fadiga (Affonso, 2006). Os componentes da união devem se ajustar adequadamente, caso contrário, pode levar a falha do parafuso também (Affonso, 2006). |
| Porca do parafuso da base | Junto ao parafuso da base, fixar a bomba na base. | Não promove fixação eficaz da bomba à base. | Excessiva vibração, desgaste prematuro dos mancais, do eixo e de outros componentes. Operação extremamente insegura do sistema. | 10 | Desgaste da porca do parafuso da base. | 6 | A vibração descontrolada da bomba pode ser sinal de falha de alguma porca do parafuso da base; inspeção das porcas. | 2 | 120 | Parar imediatamente a bomba. Substituir os parafusos de base com falhas ou defeitos. Verificar possíveis danos dos outros componentes da bomba. | Em paradas para manutenção, não permutar as porcas entre os parafusos prisioneiros, mas manter cada porca ao seu parafuso inicial. Caso contrário pode haver acentuação de desgaste. A utilização de arruelas de pressão pode dificultar o relaxamento das porcas. Observar as condições das porcas a cada parada de manutenção. |



ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS

FMEA DE PRODUTO PARA MANUTENÇÃO DE BOMBA CENTRÍFUGA


Universidade Federal de Sergipe/Centro de Ciências Exatas e Tecnologia/Departamento de Engenharia Mecânica

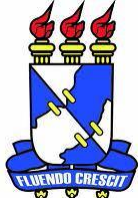
DATA: 02/01/2015

Elaborado por: João Victor Abdallah Jardim

REVISÃO: 00

| Componente | Função | Modo de Falha | Efeito | S | Causa | O | Meio de detecção | D | RPN | Ações Corretivas | Ações Preventivas |
|-------------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|-----|---|---|
| Engaxetamento grafitado | Vedar para prevenir vazamento do fluido bombeado (Karassik et al., 2001), mas permitindo o gotejamento necessário para lubrificação na região de contato com o eixo. | Vedação parcial. | Excesso de vazamento do lubrificante, que, por sua vez, tende a danificar o eixo na parte de contato com as gaxetas. Há queda do rendimento da bomba. | 7 | Desgaste das gaxetas devido a impurezas na caixa de gaxetas, ou devido à má instalação ou devido a falhas de outros componentes da bomba. | 8 | O vazamento pela caixa de gaxetas pode indicar desgaste das gaxetas; inspeção visual. | 1 | 56 | Oferecer mais aperto à sobreposta; caso o vazamento continue, substituir as gaxetas. Não acrescentar gaxetas no engaxetamento existente, o que pode causar desgaste tal no eixo que será impossível a vedação sem a troca desse componente (Sigmarhoh, [200-]). | Garantir que a caixa de engaxetamento esteja limpa e que todo engaxetamento velho tenha sido removido ao instalar novo engaxetamento. (Sigmarhoh, [200-]). Seguir o guia de instalação do engaxetamento encontrado no manual da bomba (Sigmarhoh, [200-]). Injeção de um líquido limpo através do anel lanterna para eliminar partículas abrasivas na caixa de engaxetamento (Karassik et al., 2001). Lubrificar a caixa de engaxetamento pelo menos uma vez por dia (National Oilwell Varco, 2005). Substituir gaxetas a cada 3 meses no máximo (PRW Mission, 2006) |
| | | | | 7 | Aperto insuficiente da sobreposta. | 8 | O vazamento pela caixa de gaxetas pode indicar aperto insuficiente da sobreposta; inspeção visual. | 1 | 56 | Oferecer mais aperto à sobreposta. | Seguir as recomendações do fabricante que prescrevem o número de gotas que devem pingar durante um tempo predeterminado (Macintyre, 2013). |
| | | Não permite gotejamento (Sigmarhoh, [200-]). | Desgaste prematuro das gaxetas e do eixo (Sigmarhoh, [200-]). | 7 | Excessivo aperto da sobreposta (Sigmarhoh, [200-]). | 8 | Observa-se que não há o gotejamento (Sigmarhoh, [200-]). | 1 | 56 | Aliviar aperto da sobreposta. | Seguir as recomendações do fabricante que prescrevem o número de gotas que devem pingar durante um tempo predeterminado (Macintyre, 2013). |
| | Vedar para prevenir entrada de ar para dentro da sucção (Karassik et al., 2001). | Vedação parcial, permitindo entrada de ar para dentro da sucção. | A bomba não recalca o líquido (Karassik et al., 2001). Em caso de apenas pouco desgaste, há queda do rendimento da bomba. | 7 | Desgaste das gaxetas devido a impurezas na caixa de gaxetas, ou devido à má instalação ou devido a falhas de outros componentes da bomba. | 8 | Se a bomba não recalca ou há queda de rendimento pode ser sinal de desgaste das gaxetas. Além disso, ruído atípico de operação, devido ao ar na sucção. | 1 | 56 | Fornecer aperto à sobreposta. Caso não resolva o problema, substituir o engaxetamento (Karassik et al., 2001). | Garantir que a caixa de engaxetamento esteja limpa e que todo engaxetamento velho tenha sido removido ao instalar novo engaxetamento. (Sigmarhoh, [200-]). Seguir o guia de instalação do engaxetamento encontrado no manual da bomba (Sigmarhoh, [200-]). Injeção de um líquido limpo através do anel lanterna para eliminar partículas abrasivas na caixa de engaxetamento (Karassik et al., 2001). Lubrificar a caixa de engaxetamento pelo menos uma vez por dia (National Oilwell Varco, 2005). Substituir gaxetas a cada 3 meses no máximo (PRW Mission, 2006). |
| Anel lanterna | Distribuir o fluxo de lubrificante dentro da caixa de engaxetamento (Karassik et al., 2001). | Não distribui adequadamente o fluxo de lubrificante dentro da caixa de engaxetamento. | Desgaste prematuro das gaxetas e do eixo. | 7 | Obstrução dos orifícios do anel lanterna. | 7 | Vazamentos na caixa de gaxeta pode indicar falha no anel lanterna; inspeção visual. | 1 | 49 | Desobstrução dos orifícios do anel lanterna e limpeza geral da peça. Caso o anel esteja em condições muito ruins, realizar troca. Substituir as gaxetas e reparar o eixo | Na troca do engaxetamento, substituir também o anel lanterna caso esteja em más condições (Sigmarhoh, [200-]). Seguir o guia de instalação do engaxetamento encontrado no manual da bomba (Sigmarhoh, [200-]). |
| | | | | 7 | Posição incorreta do anel lanterna. | 8 | Vazamentos na caixa de gaxeta pode indicar falha no anel lanterna; inspeção visual. | 1 | 56 | Posicionar corretamente o anel lanterna seguindo o guia de instalação do manual da bomba. Substituir as gaxetas e reparar o eixo | Seguir o guia de instalação do engaxetamento encontrado no manual da bomba (Sigmarhoh, [200-]). |
| Sobreposta | Oferecer ajuste de aperto ao engaxetamento. | Relaxamento do aperto durante operação da bomba. | Vazamento do lubrificante da caixa de gaxetas e o sucessivo desgaste das gaxetas e do eixo. | 7 | Relaxamento das porcas dos parafusos (da sobreposta) devido desgastes de pelo menos um desses dois componentes. | 3 | Vazamento do lubrificante da caixa de gaxetas pode indicar falhas no conjunto da sobreposta. | 1 | 21 | Realizar troca de porcas e parafusos com desgastes. Substituir gaxetas e reparar eixo | Adicionar contra-porcas para dificultar relaxamento da sobreposta sobre o engaxetamento, que pode acontecer mesmo não havendo defeitos nas porcas ou parafusos. |

|  <p style="text-align: center;">ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS FMEA DE PRODUTO PARA MANUTENÇÃO DE BOMBA CENTRÍFUGA</p> <p style="text-align: center;">Universidade Federal de Sergipe/Centro de Ciências Exatas e Tecnologia/Departamento de Engenharia Mecânica Elaborado por: João Victor Abdallah Jardim</p> <p style="text-align: right;">DATA: 02/01/2015 REVISÃO: 00</p> | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|---|--|---|--|---|-----|--|---|
| Componente | Função | Modo de Falha | Efeito | S | Causa | O | Meio de detecção | D | RPN | Ações Corretivas | Ações Preventivas |
| Chaveta do rotor | Habilitar a transmissão de torque do eixo ao rotor. | Não habilita transmissão de torque do eixo para o rotor. | A bomba não recalca mais o líquido. A fratura repentina da chaveta do rotor pode ocasionar danos em outros componentes da bomba. | 8 | Fratura da chaveta do rotor. | 5 | Não há vazão; barulho intenso; inspeção visual. | 1 | 40 | Verificar estado dos componentes da bomba e realizar substituição ou reparo que sejam necessários. Substituir chaveta do rotor. | Atentar para as tolerâncias dimensionais da chaveta; folgas podem gerar falhas por fadiga do componente (Affonso, 2006). |
| | Atuar como um "fusível" mecânico, evitando falha do eixo em caso de grandes sobrecargas. | Não atua como um fusível mecânico. | Falha do eixo, em caso de grandes sobrecargas. | 8 | A chaveta possui dureza maior do que a do eixo e não se rompe mesmo com grandes sobrecargas. | 6 | Não há vazão; barulho intenso; inspeção visual. A falha do eixo acontece no rasgo de chaveta; chaveta com dureza maior que a do eixo. | 1 | 48 | Substituir e reparar os componentes que sofreram danos. | Aferir dureza do material da chaveta antes da montagem na bomba. A chaveta deve sempre possuir dureza inferior à do eixo (Affonso, 2006). |
| Chaveta do acoplamento | Habilitar a transmissão de torque do motor ao eixo da bomba. | Não habilita transmissão de torque do motor para o eixo da bomba. | A bomba não recalca mais o líquido. A fratura repentina da chaveta do rotor pode ocasionar danos em outros componentes da bomba | 8 | Fratura da chaveta do acoplamento. | 5 | Não há vazão; barulho intenso; inspeção visual. | 1 | 40 | Verificar estado dos componentes da bomba e realizar substituição ou reparo que sejam necessários. Substituir chaveta do acoplamento. | Atentar para as tolerâncias dimensionais da chaveta; folgas podem gerar falhas por fadiga do componente (Affonso, 2006) |
| | Atuar como um "fusível" mecânico, evitando falha do eixo em caso de grandes sobrecargas. | Não atua como um fusível mecânico. | Falha do eixo, em caso de grandes sobrecargas. | 8 | A chaveta possui dureza maior do que a do eixo e não se rompe mesmo com grandes sobrecargas. | 6 | Não há vazão; barulho intenso; inspeção visual. A falha do eixo acontece no rasgo de chaveta; chaveta com dureza maior que a do eixo. | 1 | 48 | Substituir e reparar os componentes que sofreram danos. | Aferir dureza do material da chaveta antes da montagem na bomba. A chaveta deve sempre possuir dureza inferior à do eixo (Affonso, 2006). |
| Conjunto defletor de água | Prevenir, em caso de vazamento, a passagem do fluido bombeado para a caixa de mancal. | Permitir a passagem do fluido bombeado para a caixa de engaxetamento. | Contaminação do lubrificante e sucessivo desgaste prematuro do mancal mais próximo da caixa de engaxetamento. | 5 | Anel "O" desgastado; instalação de maneira inadequada. | 4 | Inspeção do anel "O". | 3 | 60 | Substituir anel "O" e o lubrificante da caixa de rolamento. Avaliar as condições dos rolamentos. | Atentar para a tolerância do diâmetro interno do anel defletor. Diâmetro muito justo ao eixo impedirá a instalação adequada do anel "O". Garantir que o anel defletor esteja livre de partículas abrasivas que possam causar desgaste prematuro do anel "O". |
| Pedestal | Atuar como suporte da carcaça e de todos os componentes da bomba, dispondo-os de maneira alinhada. | Não acomoda os componentes da bomba de maneira alinhada. | Tensões na carcaça e/ou desnivelamento da base (Sigmarhoh, [200-]). | 5 | Distorções do pedestal (Sigmarhoh, [200-]). | 5 | Inspeção do nivelamento da base; a base desnivelada pode ser sinal que houve distorção no pedestal da bomba. Durante paradas para manutenção, a facilidade da desmontagem e montagem da carcaça no pedestal pode indicar distorções ou não do pedestal. | 3 | 75 | Identificar as distorções do pedestal e repará-lo. | Na montagem da bomba, verificar se a carcaça pode ser facilmente fixada ao pedestal, observar se o eixo e os mancais se acomodam adequadamente no pedestal e observar se existe distorções grosseiras no pedestal. Avaliar todas essas condições antes de que a bomba seja operada. |

|  <p style="text-align: center;">ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS FMEA DE PRODUTO PARA MANUTENÇÃO DE BOMBA CENTRÍFUGA</p> <p style="text-align: center;">Universidade Federal de Sergipe/Centro de Ciências Exatas e Tecnologia/Departamento de Engenharia Mecânica Elaborado por: João Victor Abdallah Jardim</p> <p style="text-align: right;">DATA: 02/01/2015 REVISÃO: 00</p> | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---|---|--|---|---|---|-----|--|--|
| Componente | Função | Modo de Falha | Efeito | S | Causa | O | Meio de detecção | D | RPN | Ações Corretivas | Ações Preventivas |
| Placa de desgaste | Proteger o pedestal contra erosão. | Proteção ineficaz do pedestal. | Desgaste do pedestal da bomba e do rotor. | 5 | Desgaste prematuro da placa de desgaste. | 6 | A vibração excessiva pode ser sinal da falha da placa de desgaste; inspeção da placa, do rotor e do pedestal. | 2 | 60 | Substituir ou reparar as partes desgastadas. | Limpar a superfície da placa de desgaste e verificar quanto ao desgaste excessivo; substituí-la se necessário. Esta placa não deve ser removida a menos que seja necessário substituí-la ou sua junta. A folga entre a placa de desgaste e o rotor com a bomba montada deve estar entre 0,4 e 0,6 mm (EH Bombas Hidráulicas, 199-?). |
| Graxeira | Permitir injeção do lubrificante da caixa de engaxetamento. | Não permite a injeção de graxa. | Desgaste prematuro das gaxetas e do eixo. | 7 | Orifício obstruído. | 5 | Inspeção da graxeira. | 2 | 70 | Desobstruir da graxeira. Avaliar condições do engaxetamento. | Durante parada para manutenção, verificar se o orifício está obstruído ou se está em boas condições (EH Bombas Hidráulicas, [199-?]). |
| Bujão do dreno da bandeja | Permitir drenagem do lubrificante acumulado na bandeja da bomba. | Não proporciona a devida vedação durante o acúmulo de lubrificante na bandeja. | Vazamento do lubrificante acumulado na bandeja. | 1 | Desgaste do bujão. | 2 | Vazamento do lubrificante acumulado na bandeja; inspeção do bujão. | 1 | 2 | Substituir bujão do dreno da bandeja. | Em parada para manutenção, verificar estado do bujão do dreno da bandeja. |