

Sumário

Bombas Alternativas	1
1.1 Breve Histórico	1
1.2 Definições	3
1.3 Classificação	5
1.3.1 Horizontal <i>Versus</i> Vertical	6
1.3.2 Simples Efeito <i>Versus</i> Duplo Efeito	6
1.3.3 Simplex <i>Versus</i> Duplex <i>Versus</i> Triplex <i>Versus</i>	7
1.3.4 Pistão <i>Versus</i> Êmbolo <i>Versus</i> Diafragma	7
1.4 Designação do Tamanho	9
1.5 Razões para sua Utilização	9
1.5.1 Vantagens	9
1.5.2 Desvantagens	10
1.5.3 Como Evitar Problemas	10
Componentes e Funções	13
2.1 <i>Fluid End</i>	13
2.1.1 Cilindro do <i>Fluid End</i>	14
2.1.2 Válvulas do <i>Fluid End</i>	14
2.1.3 Mola da Válvula	18
2.1.4 Sede da Válvula	19
2.1.5 Conjunto <i>Stuffing Box</i>	19
2.1.6 Conjunto de Bombeamento	20
2.1.7 Êmbolo	24
2.2 <i>Power End</i>	24
2.2.1 Conjunto de Força	24
2.2.2 Carcaça	26
Projeto do <i>Stuffing Box</i>	35
3.1 Caixa do <i>Stuffing Box</i> Simples	35

3.1.1 Pressão que Atua no Anel de Vedação	36
3.1.2 Extrusão do Anel de Vedação	36
3.2 <i>Stuffing Box</i> Padrão	37
3.3 Forças que Atuam nos Anéis do Conjunto de Gaxetas	38
3.4 Bucha de Ajuste e Bucha Guia da Sobreposta	40
3.5 Partes do <i>Stuffing Box</i> que se Desgastam	41
3.6 <i>Stuffing Box</i> Padrão Não Lubrificado	41
3.7 Nível de Vazamento	41
3.8 <i>Stuffing Box</i> Lubrificado	42
3.9 Aplicação Incorreta de Dreno	45
3.10 Aplicação Correta de Dreno	45
3.11 Engaxetamento com Mola	46
3.12 Desvantagem do Engaxetamento Apertado por Mola	49
3.13 Vida Útil Esperada das Vedações	50
3.14 Causas de Vida Útil Curta do Engaxetamento	50
Vedação e Pistões	55
4.1 Vedação para <i>Stuffing Box</i>	55
4.1.1 Gaxetas de Seção Quadrada com Fios Trançados	55
4.1.2 Jogo de Gaxetas Combinado	57
4.1.3 Anéis de Vedação Partidos	58
4.1.4 Anéis de Gaxeta Moldados	59
4.1.5 Anéis de Vedação de Plástico	59
4.1.6 Vedações por Lábios	59
4.1.7 Guia para Seleção de Vedações	64
4.2 Tipos de Vedações para Pistão	64
4.2.1 Vedação para Pistões	65
4.2.2 Pistão Tipo Capuz	66
4.3 Êmbolos e Hastes	68
4.3.1 Revestimento Superficial	68
4.3.2 Metal Base	69
4.3.3 Êmbolos de Cerâmica Sólida	70
4.3.4 Acabamento Superficial e Alinhamento	70
4.3.5 Guia para Seleção de Material	71
Estudo Cinemático	75
5.1 Espaço Percorrido, Velocidade e Aceleração	76
5.2 Valores Máximos e Mínimos da Velocidade	81
5.3 Natureza Pulsante da Vazão	82
5.4 Vazão Média, Vazão Máxima e Grau de Irregularidade	88

5.4.1 Vazão Média	88
5.4.2 Vazão Máxima	90
5.4.3 Grau de Irregularidade	92
Eficiência Volumétrica	97
6.1 Vazão Unitária	97
6.1.1 Bombas Duplex – Duplo Efeito	97
6.1.2 Bomba Triplex – Simples Efeito	99
6.2 Eficiência Volumétrica	100
6.3 Velocidade do Pistão ou do Êmbolo	103
6.4 Velocidade na Válvula	104
Eficiência Mecânica	107
7.1 Potência Hidráulica	107
7.2 Potência Mecânica	108
7.3 Eficiência Mecânica	109
Head de Aceleração	115
8.1 Pulsação de Pressão	115
8.1.1 Análise das Curvas de Vazão	116
8.2 Cálculo do <i>Head</i> de Aceleração	117
8.2.1 Equação Tradicional	117
8.3 Efeito da Rotação da Bomba no <i>Head</i> de Aceleração	121
8.4 Bomba Pequena de Alta Velocidade <i>Versus</i> Bomba Grande de Baixa Velocidade ..	122
8.5 Imprecisão no Cálculo do <i>Head</i> de Aceleração	123
8.6 Efeito do Estabilizador de Sucção	123
8.7 Demonstração da Equação do <i>Head</i> de Aceleração	124
NPSH	131
9.1 O Que é NPSH?	131
9.2 Definição	132
9.3 Unidade de NPSH	133
9.4 Pressão de Sucção – A Primeira Metade da Equação do NPSH	133
9.5 Pressão de Vapor – A Segunda Metade da Equação do NPSH	135
9.5.1 Função da Temperatura	136
9.6 NPSHA <i>Versus</i> NPSHR	136
9.7 O Efeito dos Gases Dissolvidos no Fluido	136
9.8 Outras Fontes de Gases	137

9.9 Sons Causados pela Cavitação	137
9.10 Curvas de NPSH da Bomba	137
9.11 Critérios para Teste do NPSH	141
9.12 NPSHA Versus NPSHR (Resumo)	143
Instalação	145
10.1 Definição	145
10.2 Projeto do Sistema	145
10.3 Localização do Estabilizador de Sucção e do Amortecedor de Descarga	147
10.4 Frequência Natural das Tubulações	148
10.5 Alternativas para o NPSHA Insuficiente	151
Estabilizador e Amortecedor de Pulsação de Pressão	153
11.1 Tipos de Estabilizadores e Amortecedores de Pulsação	153
11.2 Como o Amortecedor Amortece as Pulsões	156
11.3 Como o Estabilizador de Sucção Pode Amortecer as Pulsões na Tubulação de Descarga	158
11.4 Cálculo do Volume do Absorvedor de Golpe de Ariete	158
11.5 Dimensionamento de Estabilizador e Amortecedor de Pulsação	162
11.6 Conclusão	164
Operação	165
12.1 Partida sem Carga	165
12.2 Sintomas de Entrada de Ar	166
12.3 Monitoramento da Bomba	166
12.3.1 Pressão de Descarga	166
12.3.2 Temperatura do <i>Stuffing Box</i>	167
12.3.3 Temperatura do Óleo Lubrificante	167
12.3.4 Ruídos Estranhos	167
12.3.5 Potência Exigida do Acionador	168
12.4 Amaciamento da Bomba	168
12.4.1 Amaciamento do <i>Power End</i>	168
12.4.2 Amaciamento do Engaxetamento	169
Mecanismo de Desgaste em Bombas Alternativas	171
13.1 Formas de Desgaste	171
13.2 Efeito do Desgaste	175
13.3 Efeito do Movimento Alternativo	176
13.4 Tolerância Dimencional entre Pistão e Camisa	177
13.5 Êmbolo	178
13.6 <i>Pits</i> em Êmbolo Cerâmico	179

13.6.1 Causas	180
13.6.2 Como Evitar <i>Pits</i>	181
13.7 Teoria das Falhas dos Êmbolos Cerâmicos	181
13.8 Meios de Reduzir os Desgastes	182
13.9 Vida Útil Média dos Componentes de uma Bomba Alternativa	182
Diagnóstico de Falhas e Defeitos	183
14.1 Pancadas Mecânicas	183
14.2 Pancadas Hidráulicas	183
14.3 Baixa Eficiência Volumétrica	184
14.4 Pressão de Bombeio Baixa	184
14.5 Pressão de Bombeio Elevada	185
14.6 Vibração Excessiva nas Linhas de Sucção e/ou Descarga	185
14.7 Vibração Excessiva da Bomba	186
14.8 Aquecimento do <i>Power End</i>	186
14.9 Desgaste Excessivo de Gaxetas	186
14.10 Desgaste Excessivo dos Pistões	187
14.11 Contaminação do Óleo do Câster	187
14.12 Consumo Excessivo de Potência	187
14.13 Desgaste ou Quebra Frequente de Hastes	187
14.14 Quebra Frequente de Parafusos do <i>Fluid End</i>	188
Apêndice I – Redução do Consumo de Energia através do Uso de Bombas Alternativas	189
Apêndice II – Molas Helicoidais para Bombas Alternativas	193
Apêndice III – Tabelas de Vazão de Bombas Alternativas	195
III.1 Bombas Alternativas Duplex de Duplo Efeito	195
III.2 Bombas Alternativas Triplex de Simples Efeito	196
Referências	211