

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1	Einführung	1
1.1	Ursachen und Auswirkungen von Verschleiß an Kreislaspumpen	1
1.1.1	Fremdkörper im System	1
1.1.2	Überlastung	3
1.1.3	Förderung von Flüssigkeiten mit Feststoffen	3
1.1.4	Förderung von harten Feststoffen	4
1.1.5	Fehlerhafte Betriebsweise	4
1.2	Verschleiß durch Abrasion	5
1.2.1	Lauftrad	6
1.2.2	Spiralgehäuse	8
1.2.3	Lager	8
1.2.4	Rohrleitungen	10
1.2.5	Abrasion und Korrosion	11
1.3	Verschleiß durch Kavitation	16
1.4	Verschleiß an Gleitringdichtungen	18
1.4.1	Werkstoffbereiche	18
1.4.2	Gleitwerkstoffe	19
1.4.3	Vergleich der Werkstoffkennkaten	21
1.4.4	Schäden an Gleitringdichtungen – Schadensfälle	22
1.5	Störungen erkennen, bewerten und Tendenzen ableiten	26
1.5.1	Ursachenanalyse und Bewertung	26
1.5.2	Abzuleitende Tendenzen	28
1.5.3	Maßnahmen zur Störungsvermeidung	29
1.5.4	Strömungssimulation	29
1.6	Schadensbilder	30
2	Messtechnische Erfassung von Störungen und Verschleiß	32
2.1	Schwingungsmessung	32
2.2	Temperaturmessung	32
2.3	Druckmessung	33
2.4	Drehzahlmessung	33
2.5	Strommessung	33
2.6	Schadensdiagnose durch Zustandsüberwachung und Schwingungsanalyse	33

3	Vorbeugung vor Kavitation und Verschleiß	34
3.1	Vermeidung von Auslegungs- und Planungsfehlern	34
3.1.1	Genauere Betriebspunktfestlegung	34
3.1.2	Berücksichtigung von Strömungsverlusten	41
3.1.3	Betriebspunktanpassung	41
3.1.3.1	Drehzahlregelung durch Frequenzumrichter	41
3.1.3.2	Anpassung des Laufraddurchmessers	50
3.1.3.3	Anpassung durch veränderte Viskosität	51
3.2	Ursachen für Kavitation	54
3.2.1	Schäden infolge von Kavitation	54
3.2.2	Kavitationsarten	55
3.2.2.1	Schichtkavitation	55
3.2.2.2	Wolkenkavitation	55
3.2.3	Kavitation und NPSH-Wert	56
3.2.4	Kavitationsvermeidung	58
3.3	Trockenlaufschutz	58
3.3.1	Sperrkammersysteme	58
3.3.2	Pump control	60
3.4	Condition Monitoring Systeme	60
3.4.1	Fehlervermeidung	62
3.4.2	Fehlererkennung	62
3.4.3	Fehlermanagement	62
3.4.4	Pump control 8	63
3.4.5	Pump monitoring	65
3.4.6	Contracting	67
3.5	Strömungsoptimierung	69
3.5.1	Verluste an Pumpenbauteilen	69
3.5.2	Verluste in Rohren, Elementen und Armaturen	70
3.5.3	Optimierung durch Strömungssimulation	72
3.5.4	Strömungs- und Verschleißsimulation	74
4	Maßnahmen an Bauteilen zur Reduzierung von Verschleiß	77
4.1	Korrosionsschutz	77
4.1.1	Verfahren der Oberflächenbearbeitung	77
4.1.2	Klassifizierung der Korrosionsschutzschichten	78
4.1.3	Materialauswahl	79
4.1.4	Kunststoffbeschichtungen	79
4.1.5	Korrosionsschutz bei Edelstahl	82
4.1.6	Andere Optionen	83
4.1.7	Korrosionsschutz an Gleitringdichtungen	84
4.2	Abrasionsschutz	84
4.2.1	Verschleißanalyse	85
4.2.2	Strömungsanalyse	86
4.3	Konstruktive Maßnahmen	87
4.3.1	Verschleißmindernde Einsätze	87
4.3.2	Überwachung mittels Sensoren	89
4.3.3	Gummierungen	91
4.3.4	Verschleißbeständige Gusseisenwerkstoffe	91

4.4	Oberflächenvergütung.....	92
4.4.1	Harte Schichten.....	93
4.4.1.1	Nitrocarburieren	94
4.4.1.2	Plasmanitrieren	94
4.4.1.3	Laserauftragsschweißen	95
4.4.1.4	Kohlenstoffsichten	97
4.4.1.5	Diamant ähnliche Schichten.....	98
4.4.1.6	Zusammenfassende Bewertung der Beschichtungsprozesse.....	100
4.5	Sonderkonstruktionen	101
4.5.1	Schneidradpumpe	101
4.5.2	Pumpe mit Inducer	104
5	Mobile und stationäre Schadensüberwachung	106
5.1	Mobile Schadensüberwachung	106
5.2	Stationäre Zustandsüberwachung	106
5.2.1	Aufbau der stationären Zustandsüberwachung	107
5.3	Praktische Beispiele der Schwingungsmessung	108
5.3.1	Aufbau der Messtechnik	109
5.3.2	Vermeidung von Messfehlern	110
5.3.3	Analyse der Messsignale	111
5.3.4	Schadensdiagnose mithilfe der Schwingungsanalyse.....	111
6	Hinweise zu Planung und Konzeption von vorausschauender Instandhaltung	117
6.1	Pumpenüberwachung	117
6.2	Diagnose-Systeme	118
6.3	Datentransfer	119
6.4	Fernwartung	119
6.5	Diagnose und Wartung als Dienstleistung	120
7	Wirtschaftlichkeit der vorausschauenden Instandhaltung	121
7.1	Optimale Betriebspunkt-Anpassung.....	121
7.2	Energie-Effizienz.....	121
7.3	Lebenszykluskosten (LCC)	126
7.3.1	Anschaffungskosten	128
7.3.2	Energiekosten	128
7.2.3	Wartung und Reparatur.....	129
7.3.4	Sonstige Kosten	129
7.3.5	Software zur LCC-Berechnung	130
7.3.6	Zusammenfassende Betrachtung der LCC	130
7.4	Kostensteigerung und Materialverknappung.....	131
7.4.1	Energiekosten-Steigerung.....	131
7.4.2	Materialkosten.....	132
7.4.3	Recycling – Materialrückgewinnung.....	134
8	Literaturverzeichnis	135
9	Verwendete Formelzeichen und Einheiten	139
10	Stichwortverzeichnis	140