

Hellmuth Schulz

Die Pumpen

Arbeitsweise Berechnung Konstruktion

13., neubearbeitete Auflage

Mit 349 Abbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1977

Inhaltsverzeichnis

Erläuterungen zur Anwendung des MKS-Systems	1
Allgemeines über die Förderung von Flüssigkeiten	6
I. Kreiselpumpen	
A. Wirkungsweise und Bauarten	8
B. Theoretische Grundlagen und Berechnung der Radialpumpe	10
1. Ermittlung der spezifischen Förderarbeit und der Förderhöhe	10
2. Die Geschwindigkeitsverhältnisse am Laufrad	13
3. Die Druckerzeugung im Lauf- und Leitrad. Die spezifische Schaufelarbeit $Y_{\text{Sch}oo}$. Die theoretische Förderhöhe $H_{\text{th}oo}$	14
a) Die Druckerzeugung im Laufrad	14
b) Die Druckerzeugung im Leitrad	16
4. Der Schaufelwinkel β_2	18
5. Einfluß der endlichen Schaufelzahl auf die spezifische Schaufelarbeit und die theoretische Förderhöhe	20
6. Die spezifische Förderarbeit. Die wirkliche Förderhöhe	25
7. Die spezifische Drehzahl	25
8. Der Reaktionsgrad. Gleichdruck- und Überdruckwirkung	30
9. Die Druckzahl	33
10. Verluste und Wirkungsgrade der Kreiselpumpe. Der Kraftbedarf	34
a) Hydraulische Verluste. Hydraulischer Wirkungsgrad	34
b) Spaltverluste. Liefergrad	24
c) Innere Leistungsverluste. Innerer Wirkungsgrad	37
d) Äußere Leistungsverluste. Mechanischer und Gesamt-Wirkungsgrad	39
e) Kraftbedarf	40
11. Die Zahl der Laufradschaufeln	40
12. Die axiale Eintrittsgeschwindigkeit c_A	41
13. Entwurf der einfach gekrümmten Radialschaufel	44
14. Die Leitvorrichtungen	48
a) Der Leitring	48
b) Das Leitrad	51
c) Das Spiralgehäuse	58
15. Bestimmung der Hauptabmessungen und Entwurf des Lauf- und Leitrades einer Radialpumpe mit einfach gekrümmter Laufschaufel. Beispiel	68
I. Laufrad	68
a) Laufradeintritt	68
b) Laufradaustritt	71
II. Leitrad	74
16. Berechnung und Entwurf des Laufrades mit räumlich gekrümmter Schaufel	76
a) Allgemeine Gesichtspunkte	76
b) Entwurf der Schaufelfläche	80
α) Ermittlung des Strombahnenanfangs im Grundriß mit Hilfe von Kegelmänteln. Beispiel	80

β) Winkel- und längentreue Übertragung der Strombahnen aus der Ebene auf die Stromflächen. Beispiel	87
γ) Rechnerische Bestimmung der Strombahnen. Beispiel	94
17. Berechnung und Entwurf des Leitrades mit räumlich gekrümmten Schaufeln. Beispiel	101
18. Berechnung und Entwurf einer Spirale mit kreisförmigem Querschnitt. Beispiel	106
C. Theoretische Grundlagen und Berechnung der Axialpumpe	108
19. Überleitung	108
20. Der Einzelflügel in der unbegrenzten gleichförmigen Strömung	110
21. Das Schaufelgitter	116
22. Die Berechnung des Axialrades	117
23. Kleinster Nabendurchmesser. Die Druckzahl	122
24. Das Leitrad	125
25. Der Reaktionsgrad	126
26. Berechnungsbeispiel	128
a) Laufrad	128
b) Leitrad	134
D. Betriebliches Verhalten	136
27. Die Drosselkurve. Das Affinitätsgesetz (Newtonsches Ähnlichkeitsgesetz)	136
28. Der Betriebspunkt der Pumpe. Parallelbetrieb	138
29. Labiler Zweig der Drosselkurve	139
30. Maßnahmen zur Erzielung stabiler Drosselkurven	141
31. Kennlinien mit dimensionslosen Koordinaten	143
32. Drucksteigerung durch Impulsaustausch	144
33. Die Kennlinien der schnellläufigen Kreiselpumpe	145
34. Die Saugverhältnisse der Kreiselpumpe	151
a) Die spezifische Saugarbeit. Die größte erreichbare Saughöhe	151
b) Kavitation	156
c) Kavitationsfreier Arbeitsbereich	159
d) Saugzahl und Kavitationsbeiwert	164
35. Die Regelung der Kreiselpumpe	168
36. Änderung der Pumpenleistung	173
37. Modellgesetze	177
38. Förderung zäher Flüssigkeiten. Beispiel	181
E. Bauliche Einzelheiten	187
39. Laufräder	187
40. Welle	188
a) Allgemeines	188
b) Bemessung der Welle unter Berücksichtigung der kritischen Drehzahl	188
α) Die kritische Drehzahl	189
β) Eigenschwingungszahl der ruhenden Welle und kritische Drehzahl	191
γ) Graphische Ermittlung der kritischen Drehzahl einer beliebig belasteten Welle von sprungweise veränderlichem Querschnitt	192
41. Stopfbuchsen	194
42. Gleitringdichtungen	197
a) Wirkungsweise und betriebliches Verhalten	197
b) Ausführungsbeispiele	202
c) Hydrodynamische Gleitringdichtungen	206
43. Lager	207
44. Gehäuse	209
45. Achsschub und Achsschubausgleich	211
a) Radialpumpe	211
b) Axialpumpe	219
F. Ausführungsbeispiele	220
46. Einstufige Radialpumpen	220

47. Schraubenpumpen (Halbaxialpumpen)	227
48. Propellerpumpen (Axialpumpen)	229
49. Mehrstufige Kreiselpumpen	233
G. Kreiselpumpen für Sonderzwecke	240
50. Heißwasserpumpen	240
a) Kesselspeisepumpen	240
b) Umwälzpumpen	250
51. Tiefebrunnenpumpen	254
a) Bohrlochwellenpumpe	255
b) Unterwassermotorpumpe	258
c) Tiefsaugerpumpe	263
52. Selbstansaugende Kreiselpumpen	267
a) Unmittelbar selbstansaugende Pumpen	267
α) Wasserringpumpe	268
β) Seitenkanalpumpe	281
γ) Ausführungsbeispiele unmittelbar selbstansaugender Pumpen	295
b) Mittelbar selbstansaugende Pumpen	300
53. Schmutzwasser- und Dickstoffpumpen	304
54. Säurefeste Kreiselpumpen. Chemiepumpen	311
II. Verdrängerpumpen	318
a) Hubkolbenpumpen	318
A. Bauarten und Wirkungsweise. Theoretischer und wirklicher Volumenstrom	318
55. Einfach wirkende Pumpen	318
56. Doppelt wirkende Pumpen	320
57. Differentialpumpen (Stufenkolbenpumpen)	321
58. Der wirkliche Volumenstrom. Volumetrischer Wirkungsgrad oder Liefergrad ..	322
B. Berechnung der Hubkolbenpumpe	323
59. Volumenstromschwankungen und Kolbenbeschleunigungen einfacher wirkender ein- und mehrzylindriger Pumpen	323
60. Saugwirkung der einfach wirkenden Einzylinder-Tauchkolbenpumpe	327
a) Ohne Windkessel	327
b) Mit Windkessel	331
61. Die erreichbare geodätische Saughöhe. Die Haltedruckhöhe. Beispiel	332
62. Drukwirkung einer einfach wirkenden Tauchkolbenpumpe	335
a) Ohne Windkessel	335
b) Mit Windkessel	336
63. Wirkungsweise und Berechnung der Windkessel	337
a) Mit Rücksicht auf den Pumpengang. Beispiel	337
b) Mit Rücksicht auf das Anfahren der Pumpe. Beispiel	341
64. Die Steuerung der Hubkolbenpumpen	342
a) Wegabhängige Steuerung	342
b) Druckabhängige Steuerung	344
α) Arbeitsweise des Hubventils	344
β) Berechnung des Hubventils normaler Bauart. Beispiel	348
65. Die spezifische Förderarbeit der Hubkolbenpumpe. Die Förderhöhe	353
66. Wirkungsgrade und Kraftbedarf	355
a) Der hydraulische Wirkungsgrad η_h	355
b) Der volumetrische Wirkungsgrad oder Liefergrad η_1	356
c) Der indizierte Wirkungsgrad η_i	356
d) Der mechanische Wirkungsgrad η_m	356
e) Der Gesamtwirkungsgrad η	356

67. Bestimmung der Hauptabmessungen. Beispiel	357
68. Wirkungsweise und Bemessung des Druckkessels. Beispiel	361
C. Bauliche Einzelheiten	366
69. Pumpenkörper (Pumpenzylinder)	366
70. Kolben	369
71. Stopfbuchsen	372
72. Windkessel	374
73. Hubventile	376
D. Ausführungsbeispiele	382
74. Einzylinderpumpen	382
75. Mehrzylinderpumpen	390
76. Preßpumpen	394
77. Pumpen mit stetig veränderlichem Kolbenhub	396
77a. Pulsationsfreies Fördern mit Hubkolbenpumpen ohne Windkessel	401
78. Schnellaufende Hubkolbenpumpen	405
79. Schwungradlose Hubkolbenpumpen (Dampfpumpen)	408
80. Erdölpumpen	416
b) Pumpen mit umlaufendem Verdränger	418
81. Zahnradpumpen	419
a) Wirkungsweise, betriebliche und konstruktive Merkmale	419
b) Berechnungsgrundlagen	421
c) Ausführungsbeispiele	427
82. Drehkolbenpumpen (Kreiskolbenpumpen)	429
83. Drehflügelpumpen (Zellenpumpen)	432
84. Schraubenspindelpumpen	435
III. Strahlpumpen	447
85. Allgemeines	447
A. Wasserstrahlpumpen	448
86. Arbeitsweise und Berechnung	448
87. Der Wirkungsgrad	456
88. Die erreichbare Saughöhe. Kavitation	458
89. Berechnungsbeispiele	462
90. Verhalten der Wasserstrahlpumpe bei Änderung des Betriebszustandes	467
B. Dampfstrahlpumpen (Injektoren)	472
91. Wirkungsweise und bauliche Ausführung	472
92. Der Wirkungsgrad	475
93. Betriebliches Verhalten	475
94. Ausführungsbeispiele	477
IV. Druckluftwasserheber (Luftmischheber)	480
95. Wirkungsweise	480
96. Die Geschwindigkeitsverhältnisse im Steigrohr	482
97. Wirkungsgrad und Auslegung	483
98. Berechnungsbeispiel	485
V. Stoßheber (hydraulischer Widder)	487
99. Arbeitsweise und konstruktive Durchbildung	487
100. Wirkungsgrad und anteilmäßiger Nutzwasserstrom	489
Schrifttum	491
Sachverzeichnis	502