

Klaus Groth

Grundzüge des Kolbenmaschinenbaus II

Kompressoren

Unter Mitarbeit von Gerhart Rinne und
Friedhelm Hage

Mit 278 Abbildungen

Inhaltsverzeichnis

1	Übersicht	1
1.1	Bauarten	2
1.1.1	Hubkolbenkompressoren	2
1.1.2	Rotationskolbenkompressoren	2
1.2	Antrieb	2
1.3	Medien	5
1.4	Anwendungsbereiche	5
1.5	Beispiel: Luftkompressoren	6
1.5.1	Anhaltswerte für die Praxis, Vorschriften	6
1.5.2	Kostenvergleich	9
2	Vergleichsprozeß (einstufig)	10
2.1	Einfache Prozesse im p-V- und T-s-Diagramm und neuere Berechnungsverfahren	10
2.2	Ansätze für Genauere Prozeßrechnung	11
2.2.1	Grundbeziehungen	12
2.2.2	Gaswechselphase - Einsaugen und Ausschleiben	13
2.3	Abzuführende Wärmemengen	15
2.4	Auswertung von p-V-Diagrammen *	16
3	Mehrstufige Kompression	19
3.1	Zweck	19
3.2	Stufenzahl und Druckverhältnis, optimaler Zwischendruck	21
3.2.1	Optimaler Zwischendruck eines zweistufigen Kompressors	21
3.2.2	Berücksichtigung der Druckverluste	23
3.2.3	Wahl der Stufenzahl	24
3.3	Verteilung der Hubvolumina	25
3.4	Einfluß der Selbstregulierung durch T)V	26
3.5	Anfahrvorgang	27
4	Zustandsgleichung wirklicher Gase	28
4.1	Ideales Gasgesetz	28
4.2	Empirische Realgasgleichung	29
4.2.1	Gleichungen von VAN DER WAAL und CLAUSIUS	29

4.2.2	Gasgleichung im Kompressorenbau	29
4.3	Anwendung der ξ - und C -Werte (Arbeitsbeiwerte)	30
5	Einfluß der Gasfeuchte	33
5.1	Grundgleichungen der Gasgemische	33
5.2	Sättigungsgrad und relative Feuchtigkeit	34
5.3	Rechenbeispiele	36
6	Mengendurchsatz, Leistungsbedarf und Wirkungsgrade	37
6.1	Liefergrad	37
6.1.1	Verlustanteile $A_1 \dots A_4$	37
6.1.2	Einfluß der Gasart auf die Verluste (A_2)	42
6.1.3	Nomogramm von LINGE	43
6.2	Leistungsbedarf und Wirkungsgrade	46
6.2.1	Leistungen	46
6.2.2	Wirkungsgrade	47
7	Rotationskolbenmaschinen	50
7.1	Systematik und Einteilung	50
7.1.1	Merkmale für die Einteilung	50
7.1.2	Beispiele	54
7.2	Mengendurchsatz bei Rotationskolbenverdichtern	58
7.2.1	Zweiwellenmaschinen, Beispiel Rootsgebläse (Kapselgebläse)	58
7.2.2	Einwellenmaschinen: Vielzellenverdichter	61
7.2.3	Zweiwellenmaschine: Schraubenkompressor	69
8	Einführung in den Kältekompressorenbau	88
8.1	Allgemeines	88
8.2	Kälteprozesse	89
8.2.1	Kaltluft-, Kaltgas- und Kaltdampfprozeß	89
8.2.2	Kaltdampfprozeß in Kompressionskältemaschinen	89
8.2.3	Kaltdampfprozeß in Wärmepumpen	93
8.3	Thermodynamische Prozesse	95
8.4	Standardprozeß mit Überhitzung und Unterkühlung	97
8.5	Das $\lg p$ - h -Diagramm, Vergleichsprozeß, Normaltemperatur	100
8.6	Beispiel der Prozeßrechnung	104
8.7	Mehrstufige Prozesse	107
8.7.1	Mehrere Stufen, einheitliches Kältemittel	107
8.7.2	Mehrere Stufen, verschiedene Kältemittel (Kaskadenschaltung)	111
8.7.3	Kältemittel für tiefe Temperaturen	112
8.8	Angaben über Kältemittel	113
8.8.1	Arten	113
8.8.2	Sicherheitseinstufung	113
8.8.3	Bezeichnung der fluorierten Kohlenwasserstoffe	114
8.8.4	Die Fluor-Chlor-Derivate des Methans	114
8.8.5	Eigenschaften der fluorierten Kohlenwasserstoffe	115

8.8.6	Einsatzgebiete der fluorierten Kohlenwasserstoffe	117
8.8.7	Physiologische Eigenschaften der Kältemittel	118
8.8.8	Tabelle der Kältemittel	118
8.8.9	Arbeitsmittel für Wärmepumpen	120
8.9	Daten von Tauchkolbenverdichtern für NH_3 und R 22	121
9	Aufbau der Hubkolbenkompressoren	125
9.1	Allgemeines	125
9.2	Zylinderanordnung bei mehrstufigen Maschinen	126
9.2.1	Forderungen und deren Bedeutungsreihenfolge	126
9.2.2	Beispiel für Ideal- und Kompromißlösung	127
9.2.3	Zylinderanordnungen für ein- bis vierstufige Maschinen	128
9.2.4	Rechenbeispiele Kräfteausgleich	136
9.3	Konstruktiver Aufbau	138
9.3.1	Kleine, stationäre und instationäre Kompressoren	139
9.3.2	Große, stationäre Kompressoren	155
9.4	Trockenlaufkompressoren	170
9.4.1	Zweck des Trockenlaufes, Leistungsbereiche	170
9.4.2	Dichtungsarten	171
9.4.3	Beispiele für "gefangene" Teflonkolbenringe und Labyrinth- maschinen	173
9.4.4	Ölfreiheit, Ölfilmeinfluß	178
10	ÖVentile	180
10.1	Bauarten	180
10.2	Einbauarten	181
10.3	Kombiniertes Saug- und Druckventil, Anlaufentlastung	183
10.4	Auslegung der Ventile	185
10.4.1	Spaltgeschwindigkeit	185
10.4.2	Druckverlustbeiwert	185
10.4.3	Platzproblem bei Mehrstufenanlagen	186
10.4.4	Ventilquerschnitt	188
11	Kolben	190
12	Stopfbuchsen	192
12.1	Oszillierende Stangen	192
12.1.1	Allgemeines	192
12.1.2	Trockenläufer	192
12.1.3	Normale Kompressoren	193
12.2	Rotierende Wellen (Kältekompressoren)	196
13	Baureihen und Größenstufen	201
14	Regelungen	202
14.1	Mengenregelung bei Hubkolbenkompressoren	202

14.2 Beispiele	211
15 Schwingungen im Rohrsystem	213
15.1 Auswirkungen auf Saug-und Druckseite	213
15.2 Ermittlung der Eigenwerte (Resonanzen).	216
16 Schmierung	221
16.1 Allgemeines, Sicherheitsfragen (für Luft).	221
16.2 Triebwerksschmierung.	222
16.3 Zylinderschmierung.	223
17Anhang	225