

Die Konstruktion schnellaufender Verbrennungsmotoren

von

Dipl.-Ing. Hermann Mettig

Direktor im Hause
Klöckner-Humboldt-Deutz AG

Mit 363 Bildern und 6 Tafeln



Walter de Gruyter · Berlin · New York · 1973

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	v
1. Vorarbeiten für die Konstruktion	1
1.1 Gegebene Daten	1
1.1.1 Leistung und Drehzahl	1
1.1.2 Hauptanwendungsgebiet des Motors	1
1.1.3 Voraussichtliche Fertigungsstückzahl	2
1.1.4 Feststellung des Standes der Technik	3
1.2 Festlegung der Hauptabmessungen und der Bauart	4
1.2.1 Wahl von Hub, Bohrung und Zylinderzahl, Bedeutung des Hub-Bohrungsverhältnisses	4
1.2.2 Festlegung des Zylinderabstandes	17
1.2.3 Auswahl der Bauart	18
1.3 Gang der Vorarbeiten, dargestellt an einem Beispiel	19
2. Der Ablauf der Konstruktionsarbeiten	22
3. Die Konstruktion der Einzelteile des Motors	25
3.1 Triebwerk und Lagerung	25
3.1.1 Massenkräfte im Triebwerk und Massenausgleich	25
3.1.1.1 Massenkräfte im Einzeltriebwerk	25
3.1.1.2 Auswirkungen der freien Massenkräfte des Kurbeltriebs	25
3.1.1.3 Massenausgleich	30
3.1.1.3.1 Einzylindermotor	30
3.1.1.3.2 Mehrzylinderreihenmotoren	34
3.1.1.3.3 V-Motoren	44
3.1.2 Die Gaskräfte und das Motordrehmoment	55
3.1.2.1 Gaskräfte im Einzeltriebwerk und resultierende Drehkraftlinie des Einzeltriebwerks	55
3.1.2.2 Die Drehkraftlinie des Mehrzylindermotors	60
3.1.3 Drehschwingungen	62
3.1.4 Beanspruchung, Bemessung und Gestaltung der Kurbelwelle	70
3.1.5 Beanspruchung, Bemessung und Gestaltung der Pleuelstange	99
3.1.6 Beanspruchung, Bemessung und Gestaltung des Kolbens mit Kolbenringen und Kolbenbolzen	124
3.1.7 Beanspruchung, Bemessung und Gestaltung der Lager des Triebwerks	145
3.1.8 Schwungrad	161
3.2 Kurbelgehäuse, Zylinder und Zylinderkopf	167
3.2.1 Beanspruchung, Bemessung und Gestaltung des Kurbelgehäuses	167
3.2.2 Beanspruchung, Bemessung und Gestaltung der Zylinder	192
3.2.2.1 Wassergekühlter Zylinder, Dichtung zwischen Zylinder und Zylinderkopf	192
3.2.2.2 Luftgekühlter Zylinder, Dichtung zwischen Zylinder und Zylinderkopf	205

3.2.3 Beanspruchung und Gestaltung des Zylinderkopfs	215
3.2.3.1 Aufgaben und Beanspruchung des Zylinderkopfes	215
3.2.3.2 Gestaltung der Zylinderköpfe wassergekühlter Motoren	215
3.2.3.3 Gestaltung der Zylinderköpfe luftgekühlter Motoren	236
3.3 Der Ventiltrieb	246
3.3.1 Allgemeine Betrachtungen	246
3.3.2 Die Nockenwelle	248
3.3.3 Die Steuerelemente des Ventiltriebes	260
3.3.4 Der Antrieb der Nockenwelle und der Zahnradtrieb des Motors	275
3.4 Das Schmierölsystem des Motors	283
3.4.1 Schmierölförderung und Verteilung	283
3.4.2 Schmierölkühlung	296
3.4.3 Schmierölfilterung	301
3.5 Das Kühlungssystem des Motors	308
3.5.1 Wasserkühlung	308
3.5.1.1 Der Kühlwasserkreislauf und die Anordnung seiner Elemente am Motor	308
3.5.1.2 Auslegung und Gestaltung der Kühlwasserpumpe	316
3.5.1.3 Die Regelung der Kühlwassertemperatur	322
3.5.2 Luftkühlung	328
3.5.2.1 Kühlluftführung	328
3.5.2.2 Auslegung und Gestaltung des Kühlgeläses	334
3.5.2.3 Die Regelung der Motortemperatur	347
3.6 Einspritzung und Regelung beim Dieselmotor	351
3.6.1 Die Einspritzpumpe	351
3.6.1.1 Aufgabe der Einspritzpumpe	351
3.6.1.2 Wirkungsweise der Einspritzpumpe	351
3.6.1.3 Einspritzpumpenbauarten	356
3.6.1.4 Auswahl der Einspritzpumpe	360
3.6.1.5 Anbau der Einspritzpumpe	364
3.6.1.6 Spritzversteller	367
3.6.2 Die Einspritzdüse	372
3.6.3 Das Einspritzsystem	375
3.6.4 Drehzahlregler	381
3.6.4.1 Regelung von Dieselmotoren und Reglerarten	381
3.6.4.2 Richtlinien für die Konstruktion von Reglern	386
3.6.4.3 Ausgeföhrte Regler	387
3.7 Der Vergaser des Ottomotors	398
3.7.1 Aufgabe des Vergasers	398
3.7.2 Einfluß des Vergasers auf die Erzeugung schädlicher Abgase	400
3.7.3 Vergaser mit festem Lufttrichter	401
3.7.3.1 Konstruktion des Vergasers mit festem Lufttrichter allgemein.	
Die Drosselklappe als Regelorgan	401
3.7.3.2 Weg des Kraftstoffs. Schwimmergefäß 6, Hauptdüse 9, Kraftstoffarm 3	402
3.7.3.3 Entstehung des gewünschten Luft-Kraftstoffgemisches im Lufttrichter. Die Mängel des einfachen Vergasers	403
3.7.3.4 Korrekturvorrangungen zur Verhütung einer ungewollten Gemischanreicherung	405

3.7.3.5 Vorrichtungen für Leerlauf und „Übergang“. Beschleunigungs-pumpe	406
3.7.3.6 Vorrichtungen am Vergaser zum Anlassen des Motors	409
3.7.3.7 Anreicherung bei Vollast	410
3.7.3.8 Schiebebetrieb	411
3.7.3.9 Stufen- (Register-) Vergaser	411
3.7.4 Zündverstellung, geregelt vom Vergaser aus, Korrektur bei kleinem Luft-druck in großer Meereshöhe, Vereisung von Vergasern	412
3.7.5 Vergaser mit veränderlichem Lufttrichter	412
3.7.5.1 Schiebervergaser	412
3.7.5.2 Der Stromberg-Vergaser CD	414
3.7.6 Die Saugleitung zwischen Vergaser und Zylinder	416
3.7.7 Maßnahmen zur Erreichung gleichmäßiger Gemischversorgung aller Zylinder, z.B. Saugrohrführung, Mehrvergaserausordnung, Gemischvor-wärzung	417
3.7.7.1 Einige Einzelheiten der Konstruktion der Saugrohre	417
3.7.7.2 Anpassung der Gesamtanordnung von Vergasern (Vergasern) und Saugrohr an die Zylinderanordnung	418
3.7.7.3 Anwärmen des Saugrohres	419
3.8 Aufladung von Dieselmotoren	420
3.8.1 Konstruktive Anpassung des Motors an die Aufladung, Abgassammel-leitungen, Ladeluftleitung	421
3.8.2 Auswahl und Anbau des Abgasturboladers	431
3.8.3 Ladeluftkühlung	437
4. Anordnung und Anbau von Hilfsgeräten, Abtriebsmöglichkeiten	442
4.1 Elektrische Starteinrichtung	442
4.2 Druckluftstart	443
4.3 Abtriebsmöglichkeiten	444
5. Geräuschfragen	450
6. Ausgeführte Motoren	454
6.1 Wassergekühlte Motoren	454
6.1.1 8-Zylinder-V-Motor (Ottomotor) M 116 der Daimler-Benz AG, Stuttgart-Untertürkheim	454
6.1.2 4-Zylinder-Reihenmotor OM 615 (Dieselmotor) und M 115 (Ottomotor) der Daimler-Benz AG, Stuttgart-Untertürkheim	457
6.1.3 4-Zylinder-Reihenmotor (Dieselmotor) 4.236 der Perkins Engines Ltd., Peterborough	464
6.1.4 8-Zylinder-V-Motor (Dieselmotor) 3160 der Caterpillar Tractor Co., Peoria, Ill., USA	466
6.1.5 6-Zylinder-Reihenmotor (Dieselmotor) „Fixed Head 500“ der British Leyland Motor Corporation	470
6.1.6 10-Zylinder-V-Motor (Dieselmotor) OM 403 der Daimler-Benz AG, Stuttgart-Untertürkheim	473
6.1.7 8-Zylinder-V-Motor (Dieselmotor) OS 14 der Saab-Scania, Automotive group	477
6.1.8 8-Zylinder-V-Motor (Dieselmotor) D 2858 der M.A.N., Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG, Werk Nürnberg	481

6.1.9	6-Zylinder-Reihenmotor (Dieselmotor) OM 355 der Daimler-Benz AG, Stuttgart-Untertürkheim	488
6.1.10	6-Zylinder-Reihenmotor (Dieselmotor) B/F6M 716 der Klöckner- Humboldt-Deutz AG, Köln-Deutz	491
6.1.11	12-Zylinder-V-Motor (Dieselmotor) D 348 der Caterpillar Tractor Co., Peoria, Ill., USA	495
6.1.12	6-Zylinder-V-Motor (Dieselmotor) MB 6 V 331 der MTU, Motoren- und Turbinen-Union Friedrichshafen GmbH	501
6.1.13	16-Zylinder-V-Motor (Dieselmotor) 16 PA 4-200 der SEMT Pielstick, Saint-Denis	506
6.1.14	16-Zylinder-V-Motor (Dieselmotor) MA 16 V 956 der MTU, Motoren- und Turbinen-Union Friedrichshafen GmbH	511
6.2	<i>Luftgekühlte Motoren</i>	514
6.2.1	Einzylindermotor (Dieselmotor) E 671 der Motorenfabrik Hatz GmbH, Ruhstorf/Rott	514
6.2.2	4-Zylinder-Boxermotor (Ottomotor) 3/1500 der Volkswagenwerk Aktiengesellschaft, Wolfsburg	519
6.2.3	4-Zylinder-Reihenmotor (Dieselmotor) F4L 912 der Klöckner- Humboldt-Deutz AG, Köln-Deutz	522
6.2.4	6-Zylinder-V-Motor (Dieselmotor) F6L 413 der Klöckner-Humboldt- Deutz AG, Köln-Deutz	526
7.	Die wichtigsten verwendeten Formelzeichen	532
8.	Literaturverzeichnis	538