

Inhaltsverzeichnis

1 Kolbenringe	1
1.1 Aufgabe und Funktion der Kolbenringe	1
1.2 Wirkungsprinzipien	3
1.3 Kräfte und Beanspruchungen	4
1.3.1 Kräfte und Temperaturen an Kolbenringen	4
1.4 Kolbenringbauarten	7
1.4.1 Rechteckring	9
1.4.2 Rechteckring mit konischer Lauffläche	10
1.4.3 Kolbenring mit Innenfase oder mit Innenwinkel oben	10
1.4.4 Kolbenring mit Innenfase oder mit Innenwinkel unten	10
1.4.5 Trapezring	11
1.4.6 L-förmiger Kolbenring	11
1.4.7 Erster Kolbenring mit balliger Oberfläche	11
1.4.8 Nasenring mit konischer Lauffläche	12
1.4.9 Stoßkonfiguration	12
1.4.10 Ölschlitzring	13
1.4.11 Federgespannter Ölabstreifring	13
1.4.11.1 Ölabstreifring mit Schlauchfeder	13
1.4.11.2 Federgestützter Ölabstreifring (Lamellenring)	15
1.4.12 U-Flex-Ring	15
1.5 Konstruktive Einzelheiten	16
1.5.1 Berechnung und Simulation	16
1.5.1.1 Numerische Berechnung	16
1.5.1.2 Spannungsuntersuchung	16
1.5.1.3 Dynamische Untersuchung	17
1.5.1.4 Formfüllungsvermögen	17
1.5.1.5 Spezifische Flächenpressung	18
1.5.1.6 Ovalität	18
1.5.1.7 Konstruktionsrichtlinien	18
1.6 Werkstoffe, Beschichtung und Oberflächenbehandlung	18
1.6.1 Werkstoffe	18
1.6.1.1 Gusseisen	19
1.6.1.2 Stahl	20
1.6.2 Beschichtungen und Oberflächenbehandlungen	20
1.6.2.1 Grauguss als Grundwerkstoff	20
1.6.2.2 Martensitisches Sphärogusseisen als Grundwerkstoff	21
1.6.2.3 Kohlenstoffstahl und Edelstahl	22
1.6.2.4 Laufflächen- und Flankenbeschichtungen	23
1.6.2.5 Nitrieren von Laufflächen	24
1.6.2.6 Oberflächenschutz	25

2	Kolbenbolzen und Kolbenbolzensicherungen	27
2.1	Funktion des Kolbenbolzens	27
2.2	Anforderungen	28
2.2.1	Allgemein	28
2.2.2	Festigkeit	29
2.2.3	Deformation	31
2.2.4	Schmierung, Ölversorgung	33
2.2.5	Verschleiß	33
2.2.6	Gewicht	34
2.3	Kolbenbolzenbauarten	34
2.4	Auslegung	36
2.4.1	Dimensionierung	36
2.4.2	Berechnung	37
2.4.3	Finite-Elemente-Berechnung	38
2.4.4	Maß- und Formtoleranzen, Norm	41
2.5	Kolbenbolzenwerkstoffe	43
2.6	Bauteilprüfung	46
2.6.1	Kolbenbolzenprüfstand	46
2.7	Kolbenbolzensicherungen	47
3	Gleitlager	49
3.1	Produktprogramm	49
3.1.1	Anwendungen	49
3.1.2	Bauarten und Terminologie	49
3.2	Konstruktionsrichtlinien	52
3.2.1	Eigenschaften	52
3.2.2	Belastbarkeit	52
3.2.3	Verschleißfestigkeit	54
3.2.4	Fresssicherheit	55
3.3	Lagergeometrie	55
3.3.1	Lagerdurchmesser und Lagerbreite	55
3.3.2	Nuten und Bohrungen	56
3.3.3	Lagerspiel	56
3.3.4	Lager- und Buchsensitz	57
3.3.4.1	Exzentrizität	57
3.4	Numerische Simulation	58
3.4.1	Hydrodynamische Schmierung (LOCUS)	58
3.4.2	Elasto-hydrodynamische Schmierung (EHL)	59
3.4.3	Axiallagersimulation (ABAS)	60
3.4.4	Überdeckungen (PRESSFIT)	61
3.5	Lagerwerkstoffe	62
3.5.1	Zusammensetzung und Eigenschaften von Lagerwerkstoffen	62
3.6	Marktanforderungen und Technologietrends	68

4 Pleuelstange	71
4.1 Einleitung	71
4.2 Beanspruchungen	74
4.3 Anforderungen	75
4.3.1 Masse der Pleuelstange	75
4.4 Großes Pleuelauge	76
4.4.1 Cracken (Bruchtrennen)	76
4.4.2 Schräge Teilung des großen Pleuelauges	77
4.5 Pleuelschaft	78
4.6 Kleines Pleuelauge	78
4.6.1 Bolzenlagerung im kleinen Pleuelauge	78
4.6.2 Geometrie des Pleuelkopfes	79
4.6.3 Buchsenlose Bolzenlagerung im kleinen Pleuelauge	80
4.7 FE-Berechnung an der Pleuelstange	81
4.7.1 Modellbildung	81
4.7.2 Beanspruchungen aus der Montage	82
4.7.2.1 Schraubenkraft	82
4.7.2.2 Buchsen, Lagerschalen und Schrumpfsitz	83
4.7.3 Beanspruchungen aus dem Motorbetrieb	83
4.7.3.1 Gaskraft	85
4.7.3.2 Massenträgheitskraft	86
4.8 Bauteilprüfung an der Pleuelstange	88
4.9 Stähle für geschmiedete Pleuel	92
4.10 Pleuelverschraubung	93
4.10.1 Anforderungen an die Pleuelverschraubung	93
4.10.2 Auslegung und Berechnung der Pleuelverschraubung	93
4.10.3 Gestaltung der Pleuelverschraubung	95
5 Kurbelgehäuse und Zylinderlaufbuchsen	97
5.1 Einleitung	97
5.1.1 Kräfte und Beanspruchungen	98
5.1.2 Entwicklungsziele	98
5.2 Kurbelgehäusebauarten	99
5.2.1 Maßnahmen zur Dämpfung der Geräuschabstrahlung	100
5.2.2 Hauptlagersitze	101
5.2.3 Kühlung	101
5.3 Kurbelgehäusewerkstoffe	102
5.3.1 Gusseisen	102
5.3.2 Aluminiumlegierungen und Werkstoffeigenschaften	103
5.3.2.1 Einfluss des Gießvorgangs auf die Werkstoffeigenschaften von Aluminiumlegierungen	106
5.3.2.2 Einfluss der Wärmebehandlung auf die Eigenschaften von gegossenen Aluminiumlegierungen	107
5.3.3 Magnesium	108
5.3.4 Werkstofftrends	109

5.3.5	Einfluss des Gießverfahrens auf die Gestaltung des Kurbelgehäuses	109
5.3.5.1	Sandguss	109
5.3.5.2	COSCAST™-Verfahren	110
5.3.5.3	Formsand – „grüner Sand“	110
5.3.5.4	CPS-Verfahren	110
5.3.5.5	Vollformgießverfahren (Lost-Foam-Verfahren)	111
5.3.5.6	Kokillenguss	111
5.3.5.7	Schwerkraftguss	111
5.3.5.8	Niederdruckguss	111
5.3.5.9	Druckguss	112
5.3.5.10	Squeeze Casting	112
5.3.5.11	Semi-Solid-Verfahren	112
5.4	Zylinderlaufbuchsen und Zylinderlauflächen	113
5.4.1	Anforderungen an die Zylinderlaufläche	113
5.4.2	Zylinderlauflächen in Aluminium-Kurbelgehäusen	113
5.4.3	Bauarten von Zylinderlaufbuchsen	115
5.4.4	Werkstoffe für Zylinderlaufbuchsen	119
5.4.5	Behandlung der Lauflächen von Zylinderlaufbuchsen	122
5.5	Leichtmetallzylinder	122
5.5.1	Leichtmetallzylinderbauarten für Kleinmotoren	123
5.5.2	Luftgekühlte Zylinder	123
5.5.3	Kanalformen und Ladungswechsel bei Zweitaktmotoren	124
5.5.4	Zylinder für Viertaktmotoren	127
5.5.5	Lauflächenbeschichtungen für Leichtmetallzylinder	127
Glossar		131
Sachwortverzeichnis		133