

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----------|
| 1 Kolbenringe | 1 |
| 1.1 Aufgabe und Funktion der Kolbenringe | 1 |
| 1.2 Wirkprinzipien | 4 |
| 1.3 Kräfte und Beanspruchungen | 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 Erster Kolbenring mit balliger Oberfläche | 12 |
| 1.4.7 Nasenring mit konischer Lauffläche | 12 |
| 1.4.8 Stoßkonfiguration | 12 |
| 1.4.9 Ölschlitzring | 13 |
| 1.4.10 Federgespannter Ölabstreifring | 14 |
| 1.4.10.1 Ölabstreifring mit Schlauchfeder | 14 |
| 1.4.10.2 Dreiteiliger Ölabstreifring (Lamellenring) | 16 |
| 1.4.11 U-Flex-Ring | 16 |
| 1.5 Konstruktive Einzelheiten | 17 |
| 1.5.1 Berechnung und Simulation | 17 |
| 1.5.1.1 Numerische Berechnung | 17 |
| 1.5.1.2 Spannungsuntersuchung | 17 |
| 1.5.1.3 Dynamische Untersuchung | 18 |
| 1.5.1.4 Formfüllungsvermögen | 18 |
| 1.5.1.5 Spezifische Flächenpressung | 19 |
| 1.5.1.6 Ovalität | 19 |
| 1.5.1.7 Konstruktionsrichtlinien | 19 |
| 1.6 Werkstoffe, Beschichtung und Oberflächenbehandlung | 19 |
| 1.6.1 Werkstoffe | 19 |
| 1.6.1.1 Gusseisen | 20 |
| 1.6.1.2 Stahl | 21 |
| 1.6.2 Beschichtungen und Oberflächenbehandlungen | 21 |
| 1.6.2.1 Grauguss als Grundwerkstoff | 21 |
| 1.6.2.2 Martensitisches Sphärogusseisen als Grundwerkstoff | 22 |
| 1.6.2.3 Kohlenstoffstahl und Edelstahl | 23 |
| 1.6.2.4 Laufflächen- und Flankenbeschichtungen | 24 |
| 1.6.2.5 Nitrieren von Laufflächen | 25 |
| 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 | 32 |
| 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 Werkstoffe | 43 |
| 2.6 Beschichtung | 46 |
| 2.7 Bauteilprüfung | 47 |
| 2.8 Kolbenbolzensicherungen | 48 |
| | |
| 3 Gleitlager | 51 |
| 3.1 Produktprogramm | 51 |
| 3.1.1 Anwendungen | 51 |
| 3.1.2 Bauarten und Terminologie | 51 |
| 3.2 Konstruktionsrichtlinien | 54 |
| 3.2.1 Eigenschaften | 54 |
| 3.2.2 Belastbarkeit | 54 |
| 3.2.3 Verschleißfestigkeit | 56 |
| 3.2.4 Start/Stopp-Applikationen | 56 |
| 3.2.5 Fresssicherheit | 58 |
| 3.2.6 Einbettfähigkeit | 58 |
| 3.3 Lagergeometrie | 59 |
| 3.3.1 Lagerdurchmesser und Lagerbreite | 59 |
| 3.3.2 Nuten und Bohrungen | 60 |
| 3.3.3 Lagerspiel | 60 |
| 3.3.4 Lager- und Buchsensitz | 61 |
| 3.4 Numerische Simulation | 62 |
| 3.4.1 Hydrodynamische Schmierung (Mobility-Methode) | 62 |
| 3.4.2 Spezialisierte Simulationen (TEHL) | 64 |
| 3.4.3 Zusätzliche CFD-Simulationen | 65 |
| 3.4.4 Überdeckungs- und Montage-Simulationen | 66 |
| 3.5 Werkstoffe | 67 |
| 3.6 Marktanforderungen und Technologietrends | 71 |

| | |
|---|-----|
| 4 Pleuelstange | 73 |
| 4.1 Einleitung | 73 |
| 4.2 Beanspruchungen | 75 |
| 4.3 Anforderungen | 76 |
| 4.4 Großes Pleuelauge | 77 |
| 4.4.1 Cracken (Bruchtrennen) | 77 |
| 4.4.2 Schräge Teilung des großen Pleuelauges | 78 |
| 4.5 Pleuelschaft | 79 |
| 4.6 Kleines Pleuelauge | 79 |
| 4.6.1 Bolzenlagerung im kleinen Pleuelauge | 79 |
| 4.6.2 Geometrie des Pleuelkopfes | 80 |
| 4.6.3 Schmierung der Bohrung im kleinen Auge | 81 |
| 4.6.4 Buchsenlose Bolzenlagerung im kleinen Pleuelauge | 82 |
| 4.7 Führung der Pleuelstange | 83 |
| 4.8 FE-Berechnung an der Pleuelstange | 84 |
| 4.8.1 Modellbildung | 84 |
| 4.8.2 Beanspruchungen aus der Montage | 85 |
| 4.8.2.1 Schraubenkraft | 85 |
| 4.8.2.2 Buchsen, Lagerschalen und Schrumpfsitz | 86 |
| 4.8.3 Beanspruchungen aus dem Motorbetrieb | 86 |
| 4.8.3.1 Gaskraft | 88 |
| 4.8.3.2 Massenträgheitskraft | 89 |
| 4.9 Bauteilprüfung an der Pleuelstange | 91 |
| 4.10 Werkstoffe | 94 |
| 4.10.1 Stähle für geschmiedete Pleuel | 94 |
| 4.10.2 Sintergeschmiedete Pleuelstangen | 96 |
| 4.11 Pleuelverschraubung | 97 |
| 4.11.1 Anforderungen an die Pleuelverschraubung | 97 |
| 4.11.2 Auslegung und Berechnung der Pleuelverschraubung | 97 |
| 4.11.3 Gestaltung der Pleuelverschraubung | 99 |
| | |
| 5 Kurbelgehäuse und Zylinderlaufbuchsen | 101 |
| 5.1 Einleitung | 101 |
| 5.1.1 Kräfte und Beanspruchungen | 102 |
| 5.1.2 Entwicklungsziele | 102 |
| 5.2 Kurbelgehäusebauarten | 103 |
| 5.2.1 Maßnahmen zur Dämpfung der Geräuschabstrahlung | 104 |
| 5.2.2 Hauptlagersitze | 105 |
| 5.2.3 Kühlung | 106 |
| 5.3 Kurbelgehäusewerkstoffe | 107 |
| 5.3.1 Gusseisen | 107 |
| 5.3.2 Aluminiumlegierungen und Werkstoffeigenschaften | 107 |

| | |
|--|------------|
| 5.3.2.1 Einfluss des Gießvorgangs auf die Werkstoffeigenschaften von Aluminiumlegierungen | 111 |
| 5.3.2.2 Einfluss der Wärmebehandlung auf die Eigenschaften von gegossenen Aluminiumlegierungen | 112 |
| 5.3.3 Magnesium | 113 |
| 5.3.4 Werkstofftrends | 113 |
| 5.3.5 Einfluss des Gießverfahrens auf die Gestaltung des Kurbelgehäuses | 114 |
| 5.3.5.1 Sandguss | 114 |
| 5.3.5.2 COSCAST™-Verfahren | 115 |
| 5.3.5.3 Formsand – „grüner Sand“ | 115 |
| 5.3.5.4 CPS-Verfahren | 115 |
| 5.3.5.5 Vollformgießverfahren (Lost-Foam-Verfahren) | 116 |
| 5.3.5.6 Kokillenguss | 116 |
| 5.3.5.7 Schwerkraftguss | 116 |
| 5.3.5.8 Niederdruckguss | 116 |
| 5.3.5.9 Druckguss | 116 |
| 5.3.5.10 Squeeze Casting | 117 |
| 5.3.5.11 Semi-Solid-Verfahren | 117 |
| 5.4 Zylinderlaufbuchsen und Zylinderlaufflächen | 118 |
| 5.4.1 Anforderungen an die Zylinderlauffläche | 118 |
| 5.4.2 Zylinderlaufflächen in Aluminium-Kurbelgehäusen | 118 |
| 5.4.3 Bauarten von Zylinderlaufbuchsen | 120 |
| 5.4.4 Werkstoffe | 124 |
| 5.4.5 Oberflächenbehandlung | 126 |
| 5.5 Leichtmetallzylinder | 127 |
| 5.5.1 Leichtmetallzylinderbauarten für Kleinmotoren | 127 |
| 5.5.2 Luftgekühlte Zylinder | 128 |
| 5.5.3 Kanalformen und Ladungswechsel bei Zweitaktmotoren | 129 |
| 5.5.4 Zylinder für Viertaktmotoren | 132 |
| 5.5.5 Oberflächenbehandlung | 132 |
| Glossar | 136 |
| Sachwortverzeichnis | 139 |