ICS 21.060.10

VDI-RICHTLINIEN

Dezember 2014
December 2014

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen

Mehrschraubenverbindungen

Systematic calculation of highly stressed bolted joints

Multi bolted joints

VDI 2230

Blatt 2 / Part 2

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Frühere Ausgabe: 11.11 Entwurf, deutsch
Former edition: 11/11 Draft, in German only

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved (a) © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2014

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt Seite

Vorbemerkung ... 3
Einleitung ... 3
1 Anwendungsbereich ... 3
2 Normative Verweise ... 5
3 Begriffe ... 5
3.1 Grundlagen ... 5
3.2 Arten von Schraubenfeldern ... 7
4 Formelzeichen und Abkürzungen ... 8
5 Berechnungsverfahren und Lösungsansätze ... 14
5.1 Einführung ... 14
5.2 Verfahren der Starrkörpermechanik ... 15
5.3 Verfahren der Elastomechanik ... 16
5.4 Numerische Methoden ... 17
6 Analytische Berechnungen ... 18
6.1 Lastverteilung und Schraubenbelastung ... 18
6.2 Vorgehensweise ... 19
6.3 Starrkörpermechanik ... 20
6.3.1 Nicht rotationssymmetrische Schraubenfelder ... 20
6.3.2 Rotationssymmetrische Schraubenfelder: Kreisflansch ... 29
6.4 Elastomechanik ... 32
6.4.1 Grundsätzliches Vorgehen ... 33
6.4.2 Beispiele ... 34
6.4.3 Lagerung von Struktur und SV ... 36
6.4.4 Elastomechanische Modelle für Struktur und Schraubenfeld ... 38
6.4.5 Lastverteilung bei MV bei Modellierung als elastisch gebetteter Biegebalken ... 39
6.4.6 Näherungsverfahren nach *Ritz* ... 45
6.4.7 Höchstbelastete SV ... 46
6.4.8 Abstand *a* ... 46
6.5 Herauslösen einer einzelnen Verbindung ... 46

Contents Page

Preliminary note ... 3
Introduction ... 3
1 Scope ... 3
2 Normative references ... 5
3 Terms and definitions ... 5
3.1 Fundamentals ... 5
3.2 Types of bolt array ... 7
4 Symbols and abbreviations ... 8
5 Calculation methods and approaches to solutions ... 14
5.1 Introduction ... 14
5.2 Methods of rigid body mechanics ... 15
5.3 Methods of elastomechanics ... 16
5.4 Numerical methods ... 17
6 Analytical calculations ... 18
6.1 Load distribution and bolt loading ... 18
6.2 Procedure ... 19
6.3 Rigid body mechanics ... 20
6.3.1 Non-rotationally symmetrical bolt arrays ... 20
6.3.2 Rotationally symmetrical bolt arrays: circular flange ... 29
6.4 Elastomechanics ... 32
6.4.1 Basic procedure ... 33
6.4.2 Examples ... 34
6.4.3 Support of structure and BJ ... 36
6.4.4 Elastomechanical models for structure and bolt array ... 38
6.4.5 Load distribution in MBJs when modelled as an elastically bedded bending beam ... 39
6.4.6 The Ritz approximative method 45
6.4.7 Most highly loaded BJ ... 46
6.4.8 Distance *a* ... 46
6.5 Separation of an individual joint ... 46

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)
Fachbereich Getriebe und Maschinenelemente

VDI-Handbuch Produktentwicklung und Konstruktion

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

 Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2014

Seite

6.6 Schraubenreihe unter momentenfreier Querbelastung ... 47
6.6.1 Beschreibung des Belastungsfall ... 47
6.6.2 Belastungsverteilung bei Querlängsbelastung ... 48
6.6.3 Berechnungsmodell ... 50
6.6.4 Sonderfall Pass-Schrauben-Verbindungen ... 54
6.6.5 Gestaltungshinweise ... 55
7 Anwendung der Finite-Elemente-Methode ... 57
7.1 Grundlegende Vorgehensweise ... 57
7.2 Modellierung ... 58
7.2.1 Modellklassen ... 58
7.2.2 Spezifische Modelleigenschaften ... 60
7.3 Ableitung der Berechnungsgrößen aus der FE-Rechnung ... 75
7.3.1 Nachgiebigkeiten ... 76
7.3.2 Schraubennennbeanspruchung Montagezustand ... 79
7.3.3 Schraubenzusatzbeanspruchung durch äußere Betriebslasten ... 79
7.3.4 Flächenpressung ... 83
7.3.5 Abheben, Klaffen, Rutschen ... 84
7.4 Tragfähigkeitsnachweis von Ein- und Mehrschraubenverbindungen in Anlehnung an die Richtlinie VDI 2230 Blatt 1 ... 85
Anhang Korrigierte analytische Berechnungen unter Beachtung des elastischen Verhaltens der Struktur ... 90
A1 Schraubenfelder unter Torsionsbelastung ... 90
A2 Schraubenfeld unter Zugbelastung ... 92
Schrifttum ... 93

Page

6.6 Bolt row under momentless transverse loading ... 47
6.6.1 Description of the loading case ... 47
6.6.2 Load distribution with transverse longitudinal loading ... 48
6.6.3 Calculation model ... 50
6.6.4 Special case of close-fitting bolt joints ... 54
6.6.5 Design information ... 55
7 Application of finite element method ... 57
7.1 Basic procedure ... 57
7.2 Modelling ... 58
7.2.1 Model classes ... 58
7.2.2 Specific model properties ... 60
7.3 Derivation of the calculation quantities from the FE calculation ... 75
7.3.1 Compliances ... 76
7.3.2 Nominal bolt loading in the assembly state ... 79
7.3.3 Additional bolt load from external operating loads ... 79
7.3.4 Surface pressure ... 83
7.3.5 Lifting off, opening up, sliding ... 84
7.4 Load-carrying capacity analysis of single- and MBJs adapted from standard VDI 2230 Part 1 ... 85
Annex Corrected analytical calculations taking into account the elastic behaviour of the structure ... 90
A1 Bolt arrays under torsional loading ... 90
A2 Bolt arrays under tensile load ... 92
Bibliography ... 93