

Inhaltsverzeichnis

Verwendete Formelzeichen	XI
1 Einführung	1
1.1 Zur Geschichte der Schraube	1
1.2 Zum Inhalt des Buches	3
1.3 Schrifttum	3
2 Normung	5
2.1 Gewindenormung	6
2.1.1 Begriffe und Bezeichnungen	6
2.1.2 Gewindesysteme	6
2.1.3 Metrisches ISO-Gewinde	6
2.2 Maßnormen (Produktnormen)	10
2.3 Grundnormen	18
2.3.1 Grundmaßnormen	18
2.3.2 Technische Lieferbedingungen	19
2.4 Schrifttum	35
3 Werkstoffe	36
3.1 Allgemeines	36
3.2 Werkstoffe für Schraubenverbindungen bei mechanischer Beanspruchung	37
3.2.1 Zugfestigkeiten unterhalb 800 N/mm ²	37
3.2.2 Zugfestigkeiten zwischen 800 und 1400 N/mm ²	40
3.2.3 Zugfestigkeiten oberhalb 1400 N/mm ²	41
3.2.4 Schraubenverbindungen für den Leichtbau	41
3.3 Werkstoffe für Schraubenverbindungen bei Komplexbeanspruchung	44
3.4 Einfluß der wichtigsten Legierungselemente auf die mechanisch-technologischen Eigenschaften von Stählen	44
3.5 Schrifttum	47
4 Berechnung von Schraubenverbindungen	48
4.1 Einführung	48
4.2 Kraft-Verformungs-Verhältnisse	48
4.2.1 Montagezustand	48
4.2.1.1 Elastische Nachgiebigkeit der Schraube	51
4.2.1.2 Elastische Nachgiebigkeit aufeinanderliegender verspannter Teile	52

4.2.2 Betriebszustand	58
4.2.2.1 Zentrischer Angriff einer axialen Betriebskraft in der Ebene der Schraubenkopf- bzw. Mutterauflagefläche	58
4.2.2.2 Zentrischer Angriff einer axialen Betriebskraft innerhalb der verspannten Teile zwischen Schraubenkopf und Mutter	62
4.2.2.3 Exzentrischer Angriff einer axialen Betriebskraft	65
4.3 Rechenschritte	75
4.3.1 Rechenschritte des elementaren Berechnungsansatzes	75
4.3.2 Rechenschritte des nichtlinearen Berechnungsansatzes	87
4.4 Beispiel für die Berechnung einer Pleuel-Schraubenverbindung mit dem elementaren Berechnungsansatz	90
4.5 Schrifttum	106
5 Tragfähigkeit von Schraubenverbindungen bei mechanischer Beanspruchung	107
5.1 Tragfähigkeit bei zügiger Beanspruchung	107
5.1.1 Freies belastetes Gewinde	112
5.1.2 Schraubenschaft	114
5.1.3 Gewindeauslauf und Kopf-Schaft-Übergang	114
5.1.4 Schraubenkopf	114
5.1.5 Ineinandergreifende Gewinde	118
5.1.5.1 Einflüsse auf die Abstreiffestigkeit	121
5.1.5.2 Berechnung der erforderlichen Mutterhöhe	126
5.1.6 Überlagerte Biegung	131
5.1.7 Flächenpressung	132
5.1.8 Scherbeanspruchung	133
5.2 Tragfähigkeit bei Schwingbeanspruchung	135
5.2.1 Spannungszustand und Schädigungsmechanismen	135
5.2.2 Einflüsse auf die Dauerhaltbarkeit von Schraubenverbindungen	138
5.2.2.1 Dauerhaltbarkeit der Schraube	140
5.2.2.2 Dauerhaltbarkeit der Schraube-Mutter-Verbindung	149
5.2.2.3 Dauerhaltbarkeit der Schraubenverbindung	155
5.2.3 Schadensbeispiel und Abhilfemaßnahmen	164
5.2.4 Prüfung der Dauerhaltbarkeit von Schraubenverbindungen	166
5.3 Schrifttum	168
6 Korrosion und Korrosionsschutz von Schraubenverbindungen	172
6.1 Einführung	172
6.2 Grundlagen der Korrosion	173
6.3 Korrosionsarten	178
6.3.1 Korrosion ohne mechanische Beanspruchung	178
6.3.1.1 Kontaktkorrosion	178
6.3.1.2 Korrosion durch unterschiedliche Belüftung	179
6.3.1.3 Berührungskorrosion	180
6.3.1.4 Selektive Korrosion	180
6.3.2 Korrosion mit zusätzlicher mechanischer Beanspruchung	180
6.3.2.1 Spannungsrißkorrosion (SprK)	181
6.3.2.2 Schwingungsrißkorrosion (SwRK)	184
6.3.2.3 Reibkorrosion (Korrosionsverschleiß)	184
6.4 Möglichkeiten des Korrosionsschutzes	184
6.4.1 Korrosionsgerechte konstruktive Gestaltung	185
6.4.2 Einsatz nichtrostender Stähle	187
6.4.3 Oberflächenüberzüge	190
6.4.3.1 Nichtmetallische Überzüge	191
6.4.3.2 Galvanische Überzüge	192

6.4.3.3 Andere metallische Überzüge	197
6.4.4 Beeinflussung des Korrosionsmediums	199
6.4.5 Maßnahmen zur Vermeidung der Gefahr einer wasserstoffinduzierten verzögerten Sprödbuchbildung	199
6.5 Prüfung des Korrosionsschutzes	200
6.6 Normen zur Korrosionsschutzprüfung	201
6.7 Schrifttum	202
7 Schraubenverbindungen bei hohen und tiefen Temperaturen	204
7.1 Schraubenverbindungen bei hohen Temperaturen	204
7.1.1 Einführung	204
7.1.2 Temperaturabhängigkeit der Werkstoffeigenschaften	205
7.1.2.1 Physikalische Werkstoffeigenschaften	205
7.1.2.2 Mechanische Werkstoffeigenschaften	206
7.1.3 Einfluß der Temperatur auf die Betriebseigenschaften von Schraubenverbindungen	211
7.1.3.1 Vorspannkraftänderung infolge Wärmedehnung	211
7.1.3.2 Vorspannkraftänderung infolge Relaxation	218
7.1.3.3 Sprödbuchverhalten von warmfesten Schraubenverbindungen	229
7.1.3.4 Löseverhalten von Schraubenverbindungen nach Hochtemperaturbeanspruchung	230
7.2 Schraubenverbindungen bei tiefen Temperaturen	232
7.3 Werkstoffe für hohe und tiefe Temperaturen	233
7.3.1 Werkstoffe für hohe Temperaturen	234
7.3.2 Werkstoffe für tiefe Temperaturen	234
7.4 Normen und Regelwerke	236
7.5 Schrifttum	237
8 Montage von Schraubenverbindungen	240
8.1 Einführung	240
8.2 Anziehdrehmoment und Vorspannkraft	240
8.2.1 Gewindemoment M_G	241
8.2.2 Kopfreibungsmoment M_{KR}	246
8.2.3 Anziehdrehmoment M_A	248
8.2.4 Reibungszahlen	249
8.2.4.1 Einflüsse auf das Reibungsverhalten	249
8.2.4.2 Einfluß adhäsiver Verschleißvorgänge auf das Reibungsverhalten	255
8.3 Beanspruchung und Haltbarkeit von Schraubenverbindungen beim Anziehen	256
8.3.1 Beanspruchung und Haltbarkeit von Schraubenbolzen und Mutter	256
8.3.1.1 Beanspruchungszustand	256
8.3.1.2 Montagevorspannung	257
8.3.1.3 Einschraubtiefe	261
8.3.2 Beanspruchung und Haltbarkeit von Kraftangriffsflächen und Montagewerkzeugen	261
8.4 Montageverfahren	265
8.4.1 Anziehen von Hand	269
8.4.2 Anziehen mit Verlängerungsmessung	270
8.4.3 Torsionsfreies Anziehen	272
8.4.4 Drehmomentgesteuertes Anziehen	274
8.4.5 Streckgrenzgesteuertes Anziehen	279
8.4.6 Drehwinkelgesteuertes Anziehen	284
8.5 Motorisches Anziehen	286
8.5.1 Drehschrauber	290
8.5.2 Drehschlagschrauber	290
8.6 Schrifttum	291

9 Selbsttätiges Lösen und Sichern von Schraubenverbindungen	294
9.1 Die Bedeutung der Vorspannkraft für die Betriebssicherheit	294
9.2 Ursachen eines Vorspannkraftverlusts	295
9.2.1 Lockern	295
9.2.2 Selbsttätiges Losdrehen	296
9.3 Maßnahmen zur Vermeidung eines unzulässig großen Vorspannkraftverlusts	298
9.3.1 Sicherungsmaßnahmen gegen Lockern	298
9.3.1.1 Konstruktive Maßnahmen	298
9.3.1.2 Mitverspannte federnde Elemente	300
9.3.2 Sicherungsmaßnahmen gegen Losdrehen	301
9.3.2.1 Konstruktive Maßnahmen	301
9.3.2.2 Zusätzliche Sicherungselemente bzw. -maßnahmen	302
9.3.2.3 Funktionsprüfung von Losdrehsicherungen	303
9.4 Wirksamkeit und Anwendungsgrenzen von Schraubensicherungen	305
9.5 Schrifttum	306
Sachverzeichnis	309