

4. Werkstoffe - Edelstähle

Typen, Zusammensetzung, chem. Beständigkeit, Mechanische Eigenschaften, Festigkeit, Kennzeichnung

4.4 Mechanische Eigenschaften von Edelstahl

4.4.1 Anziehdrehmomente von Edelstahlschrauben

Anziehmomente für Schrauben und Muttern aus A 2/A 4

Bei Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen sind die Reibungswerte im Gewinde und an den Auflageflächen wesentlich größer als bei vergüteten Stahlschrauben – auch der Streubereich der Reibungswerte ist hier viel größer (bis über 100 %!). Zur endgültigen Bestimmung des richtigen Drehmomentes ist ein Versuch unter Einsatzbedingungen angeraten.

Durch Verwendung von Spezialschmiermitteln können zwar die Reibungszahlen μ verringert werden – aber der sehr große Streubereich bleibt erhalten.

Die Tabelle enthält unverbindliche Richtwerte für verschiedene Reibungszahlen, gültig für Schrauben und Muttern nach DIN 912, 931, 933 und 934 / ISO 4762, 4014, 4017, 4032 aus nichtrostenden Stählen A2 und A4, in der Festigkeitsklasse –70 (kaltverfestigt = Kaltpressfertigung) bis zu Nennlängen $8 \times d$, bei Raumtemperatur (ca. + 20 °C) und einer Dehngrenzen-Ausnutzung von $R_p 0,2 = 90 \%$.

Die in der folgenden Tabelle genannten Anziehmomente können **nur als sehr grobe und unverbindliche Richtwerte** verstanden werden – siehe VDI 2230!

Anziehmomente M_A /Nm für A 2, A 4 –70 (–50**)

Reibungszahl μ	–70 = $R_p 0,2$ min. 450 N/mm ²								**–50 = $R_p 0,2$ min. 210 N/mm ²		
	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24	M 27	M 30
0,10	1,7	3,4	5,9	14,5	30	50	121	244	234	328	445
0,12	2,0	3,8	6,7	16,3	33	56	136	274	264	371	503
0,14	2,2	4,2	7,4	17,8	36	62	150	303	290	410	556
0,16	2,3	4,6	7,9	19,3	39	66	162	328	314	444	602
0,18	2,5	4,9	8,4	20,4	41	70	173	351	336	475	643
0,20	2,6	5,1	8,8	21,5	44	74	183	370	355	502	680
0,30	3,0	6,1	10,4	25,5	51	88	218	439	421	599	809
0,40	3,3	6,6	11,3	27,6	56	96	237	479	458	652	881

Tabelle 32: Anziehdrehmomente Edelstahl nach Reibungszahl μ

Sechskantmuttern mit Klemmteil aus nicht-rostenden Stählen neigen manchmal wegen des hohen Gewindeflankendruckes beim Einformen des Bolzensgewindes in das Klemmteil zum Festfressen. Hier hilft in der Regel die Behandlung des Bolzensgewindes mit einem reibungsmindernden Mittel. Die veränderten Reibwerte sind beim Anziehen der Verbindung entsprechend zu berücksichtigen.



4. Werkstoffe - Edelstähle

Typen, Zusammensetzung, chem. Beständigkeit, Mechanische Eigenschaften, Festigkeit, Kennzeichnung

Die nachfolgenden Tabellen für die Werkstoffklassen A2 und A4 berücksichtigen eine Reibungszahl für $\mu = 0,12$ für handelsübliche Schrauben und Muttern ohne Schmierung.

!! Zusätzliche Schmierung der Gewinde verändert die Reibungszahl erheblich und führt zu nicht bestimmbar Anziehverhältnissen !. (vgl. Kapitel 4.4.6 Reibungszahlen bei Schmierung) **!!**

- Klasse 50: für A2-50 und A4-50 ohne Längenbegrenzung (in der Regel gedrehte Teile)
- Klasse 70: für A2-70 und A4-70 (handelsüblich) aber nur für Längen mit 8 x Gewindedurchmesser
- Klasse 80: für A2-80 und A4-80 (stark kaltverfestigt) aber nur für Längen mit 8 x Gewindedurchmesser

Gewinde	Festigkeitsklasse 50 „z.B. Drehteile“		Festigkeitsklasse 70 „Standard A2-70, A4-70“		Festigkeitsklasse 80 „z.B. A4-80“	
	Vorspannkraft in N	Anziehdrehmoment in Nm	Vorspannkraft in N	Anziehdrehmoment in Nm	Vorspannkraft in N	Anziehdrehmoment in Nm
M 5	M 5	1,7	3.000	3,5	4.750	4,7
M 6	M 6	3	6.200	6	6.700	8,0
M 8	M 8	7,1	12.200	16	13.700	22
M 10	M 10	14	16.300	32	22.000	43
M 12	M 12	24	24.200	56	32.000	75
M 16	M 16	59	45.000	135	60.000	180
M 20	M 20	114	71.000	280	95.000	370
M 24	M 24	198	105.000	455	140.000	605
M 30	M 30	393	191.000	1050	255.000	1400

Tabelle 33: Anziehdrehmomente Edelstahl

4.4.2 Festigkeit von Edelstahlschrauben

Mechanische Eigenschaften für Verbindungselemente der Stahlgruppen A 1 - A 5 bei ca. + 20° C.

Festigkeitsklasse	Durchmesserbereich	Schrauben			Bruchdehnung A in mm, min	Muttern	
		Zugfestigkeit R_m N/mm ² min	0,2 % Dehngrenze R_p N/mm ² min	Untere Streckgrenze Rel oder 0,2% - Dehngrenze Rp 0,2 bei 100 °C = 85 % bei 200 °C = 80 % bei 300 °C = 75 % bei 400 °C = 70 %		Prüfspannung S_p / N/mm ² min	
						m ≥ 0,8 d	0,5 ≤ m < 0,8 d
50 weich (gedreht)	≤ M 39	500	210		0,6 d	500	250 (Fkl. - 025)
70 kaltverfestigt* (gepresst)	≤ M 24	700	450		0,4 d	700	350 (Fkl. - 035)
80 stark kaltverfestigt*	≤ M 24	800	600		0,3 d	800	400 (Fkl. - 040)

Tabelle 34: Festigkeit von Edelstahl

* Diese Werte gelten nur für Verbindungselemente (Schrauben) mit Längen bis 8 x Gewinde-Neendurchm. (8 x d) !

Für Sechskant-, Innensechskant-, Schlitz- und Kreuzschlitzschrauben ist die Festigkeitsklasse – 70 der Regelfall und handelsüblich. Verbindungselemente aus nichtrostenden Stählen sind kaltzäh und gut geeignet für den Einsatz bei tiefen Temperaturen (A 2 bis –200 °C, A 4 bis –60 °C nach DIN 267-13).

Austenitische Werkstoffe sind nicht durch Wärmebehandlung härtbar – Verbindungselemente aus austenitischen Werkstoffen (A 1 – A 5) haben daher ein anderes Montageverhalten als vergütete Stahlschrauben. Unsachgemäße Montage kann zum Versagen (Kaltverschweißung/Fressen/Bruch) führen.

Magnetische Eigenschaften von Edelstahl

Verbindungselemente aus nichtrostenden Stählen sind im allgemeinen nicht magnetisierbar – durch die Fertigung kann eine Magnetisierbarkeit eintreten; wenn besondere Anforderungen an die Magnetisierbarkeit gestellt werden, muss dies entsprechend vereinbart werden.

Oberflächen von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen müssen sauber und metallisch blank sein. (Passivierung → ISO 16048)



4. Werkstoffe - Edelstähle

Typen, Zusammensetzung, chem. Beständigkeit, Mechanische Eigenschaften, Festigkeit, Kennzeichnung

4.4.3 Strecklastgrenzen von Edelstahlschrauben

Strecklastgrenzen für Schachtschrauben

Edelstähle vom Typ „A“ sind nicht härtbar. Jedoch kann durch Kaltverfestigung eine höhere Streckgrenze bewirkt werden. Angaben gem. DIN EN ISO 3506

Durchmesser	Strecklastgrenzen in (Nm) für Festigkeitsklasse	
	50 (z.B. A2-50)	70 (z.B. A2-70)
M 5	2.980	6.390
M 6	4.220	9.045
M 8	7.685	16.470
M 10	12.180	26.100
M 12	17.700	37.935
M 16	32.970	70.650
M 20	51.450	110.250
M 24	74.130	88.250
M 27	96.390	114.750
M 30	117.810	140.250

Tabelle 35

4.4.4 Mindestbruchgrenzen von Edelstahlschrauben

Gewinde	Mindestbruchdrehmoment (B_{min}) in Nm für Festigkeits-Klasse		
	50	70	80
M 1,6	0,15	0,2	0,24
M 2	0,3	0,4	0,48
M 2,5	0,6	0,9	0,96
M 3	1,1	1,6	1,8
M 4	2,7	3,8	4,3
M 5	5,5	7,8	8,8
M 6	9,3	13	15
M 8	23	32	37
M 10	46	65	74
M 12	80	110	130
M 16	210	290	330

Tabelle 36



4. Werkstoffe - Edelstähle

Typen, Zusammensetzung, chem. Beständigkeit, Mechanische Eigenschaften, Festigkeit, Kennzeichnung

4.4.5 Hochtemperatur-Eigenschaften von Edelstahlschrauben

Durchmesser	Warmstreckgrenzen, gemessen in N				
	+ 20 °C	+ 100 °C	+ 200 °C	+ 300 °C	+ 400 °C
M 5	6.390	5.432	5.112	4.793	4.473
M 6	9.045	7.688	7.236	6.784	6.332
M 8	16.740	14.000	13.176	12.353	11.529
M 10	26.100	22.185	20.880	19.575	18.270
M 12	37.935	32.245	30.348	28.451	26.555
M 16	70.650	60.053	56.520	52.988	49.455
M 20	110.250	93.713	88.200	82.688	77.175
M 24	88.250	75.013	70.600	66.188	61.775
M 27	114.750	97.538	91.800	86.063	80.325
M 30	140.250	119.213	112.200	105.188	98.175

Tabelle 37: Hochtemperatur-Eigenschaften von Edelstahlschrauben

4.4.6 Reibungszahlen für Edelstahlschrauben/ -Muttern

Durch Schmierung kann die Reibungszahl, und damit die wichtigste Variable für das Anzugsdrehmoment sehr stark verändern. Grundsätzlich gilt, dass die Reibungszahl μ sinkt, wenn ein Schmiermittel verwendet wird. Daher kann bei Schmierung leichter ein „Abreißen“ der Edelstahlschrauben eintreten, wenn mit gleicher Kraft wie bei einer ungeschmerten Verbindung angezogen wird.

Es gilt:

Schmiermitteleinsatz >> Reibungszahl μ sinkt >> weniger Anzugsdrehmoment („weniger Kraft“) ist nötig

Schrauben und Gegenlage aus	Mutter aus	Schmiermittel		Nachgiebigkeit der Verbindung	Reibungszahlen		
		unter Kopf	im Gewinde		unter Kopf μ_k	im Gewinde μ_G	
A2 oder A4	A2 oder A4	ohne	ohne	sehr groß	0,35 - 0,50	0,26 - 0,50	
		Schmiermittel (z.B. Chlorparaffin-Basis)			0,08 - 0,12	0,12 - 0,23	
		Schutzfett gegen Korrosion			0,25 - 0,35	0,26 - 0,45	
	A2 oder A4	A2 oder A4	ohne	ohne	klein	0,08 - 0,12	0,23 - 0,35
			Schmiermittel (z.B. Chlorparaffin-Basis)			0,08 - 0,12	0,10 - 0,16
A2 oder A4	AlMgSi		ohne	sehr groß	0,08 - 0,11	0,32 - 0,43	
		Schmiermittel (z.B. Chlorparaffin-Basis)			0,08 - 0,11	0,32 - 0,43	
					0,08 - 0,11	0,28 - 0,35	

Tabelle 38: Reibungszahlen für Edelstahlschrauben

