

2012 Eylül

www.guven-kutay.ch

CIVATALAR TABLOLAR ve ÖRNEKLER

08_04

Özet

Biricik sevgili kızım

Merve' ye

M. Güven KUTAY / 2010 Mart / 2012 Eylül

INHALTSVERZEICHNIS

0	Formüller, tablolar ve örnekler	1
1	Tablolar	2
2	Örnekler	25
2.1	Örnek 1, Eksen dışı yük ve moment etkisindeki rulman flanş bağlantısı.....	25
2.1.1	Çözüm	25
2.1.2	Cıvatanın seçimi.....	26
2.1.3	Bağlantının kaba kontrolü	26
2.1.4	Bağlantının detaylı kontrolü.....	27
2.1.5	Vida ve konstruksiyon değerleri	27
2.1.6	Bağlanan parçaların değerleri	28
2.1.7	Montaj ve işletmede yüzey basıncı sınır değeri	28
2.1.8	Sürtünme katsayıları ve açıları.....	28
2.1.9	Tork anahtarı ile sıkma momenti faktörü “ α_{S1} ”	28
2.1.10	Sıkıştırma momenti	28
2.1.11	Cıvatanın montajda elastik esnekliği:	29
2.1.12	Sıkılan parçaların montaj ve işletmede elastik esnekliği δ_p :.....	29
2.1.13	Montaj ve işletmede kuvvet dağılım faktörü “n”	29
2.1.14	Kuvvet oranı “ ϕ ”	29
2.1.15	Oturmadan dolayı kaybedilen ön germe kuvveti F_{Ot} ,	29
2.1.16	İşletme kuvvetinin dağılımı	30
2.1.17	Montajdaki ön germe kuvveti	30
2.1.18	İşletmedeki ön germe kuvveti “ $F_{ön}$ ”	30
2.1.19	Mukavemet değerlerinin kontrolü.....	30
2.1.20	Emniyet katsayıları	31
2.2	Örnek 2, Eksen dışı yük ve moment etkisindeki konsol bağlantısı	32
2.2.1	Çözüm	33
2.2.2	Cıvatanın seçimi.....	33
2.2.3	Bağlantının hassas kontrolü	34
2.2.4	Mukavemet değerlerinin kontrolü.....	34
2.2.5	Emniyet katsayıları	34
2.3	Örnek 3, Eksen dışı yük ve moment etkisindeki makaralı travers konsol bağlantısı.....	36
2.3.1	Çözüm	37
2.3.2	Cıvatanın seçimi.....	37
2.3.3	Bağlantının hassas kontrolü	38
2.3.4	Mukavemet değerlerinin kontrolü.....	38
2.3.5	Emniyet katsayıları	39
2.4	Örnek 4, Eksen dışı yük ve moment etkisindeki vinç başlığı bağlantısı.....	40
2.4.1	Çözüm	41
2.4.2	Cıvatanın seçimi.....	41
2.4.3	Bağlantının hassas kontrolü	42
2.4.4	Mukavemet değerlerinin kontrolü.....	42
2.4.5	Emniyet katsayıları	43
2.5	Örnek 5, Eksen dışı yük ve boyuna ısı etkisindeki flanş bağlantısı.....	44
2.5.1	Çözüm	44
2.5.2	Cıvatanın tablo ile ölçülendirilmesi	44

2.5.3	Bağlantının hassas kontrolü	45
2.5.4	Yeni cıvata seçimi	47
2.5.5	Mukavemet değerlerinin kontrolü.....	52
2.5.6	Emniyet katsayıları	53
2.6	Örnek 6, Eksen dışı yük, moment ve ısı etkisinde flanş bağlantısı.....	54
2.6.1	Bağlantının hassas kontrolü	54
2.7	Örnek 7, Montaj aparatı	62
2.7.1	Çözüm	63

0 Formüller, tablolar ve örnekler

Cıvatalar teknikte, aynı cinsten veya başka cinslerden iki veya daha fazla parçayı birleştiren ve istenildiğinde tekrar bağlanabilecek şekilde çözülebilen en mühim bağlantı elemanlarıdır.

Bağlantının işletmede fonksiyonunu yapabilmesi için cıvatanın ve konstruksiyonun gerekli tecrübe ve teknik bilgiyle hesaplanması ve konstruksiyonunun yapılması gerekmektedir.

Bu kitapta verilen bilgilerin yanında diğer literatür ve hesap esaslarından faydalanılması akıllıca bir karardır. Bu kitapta önerilen kaynaklardan başka, bir sürü diğer dillerle yazılmış yardımcı kaynağın olduğuda unutulmamalıdır.

Cıvatayı tam ve hassas olarak hesaplamak günlük konstruksiyonda yapılmaz ve hesabı yapılsada kazanç getirmez. Pratikte tablolar yardımı ile cıvata seçilir ve kullanılır. Gerekirse detaylı ve hassas kontrol yapılır. Burada günlük imalat uygulamalarında yapılan bir kaç örnek verilmiştir. Hesabın nasıl yapılacağı konstrüktörün kendisine bırakılmıştır.

Hesaplama yolu

İlk olarak bir cıvataya gelen yük bulunur. Cıvatanın seçimi için zorlama durumu, cıvatayı zorlayan boyuna kuvvet ve cıvata malzeme kalitesine göre tablodan cıvatanın anma çapı seçilir.

Kontroller:

1. Bağlanan parçaların montajda cıvatayı sıkıan max. ön germe kuvvetinin etkisinde yüzey basıncına dayanıp dayanmadığı kontrol edilir. Eğer bağlanan parçalar yüzey basıncına dayanamıyorsa, alınacak önlemin seçilmesi gerekir. Örneğin: Yüzey basınç değeri daha yüksek olan malzemeden yapılmış rondela kullanmak gibi (GG 20).
2. Bağlatı temas yüzeylerinin ayrılmaması için gereken sıkıştırma kuvveti bulunur ve bu değer cıvata ile erişilecek sıkıştırma kuvveti ile karşılaştırılır. Eğer yeterli değilse, yeterli olan cıvatanın seçimi ve hesabın tekrar baştan yapılması gerekir.
3. Cıvatanın kabaca kontrolü.
4. Eğilme geriliminin etkisinin hesabı.

Burada hassas kontrol için gereken tecrübe ve bilgiyi aktarabilmek için bir çok örnekte hesap yolu ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Eğer cıvatanın vidası ovalama usulü ile açılmamışsa, bunun hesabı cıvata hesap esaslarına göre katiyen yapılmaz. Bu çentikli çubuk olup, hesabının çentikli çubuktaki mukavemet hesabı olarak yapılması gereklidir.

Yardımcı olabildiğime inanarak sizlere başarılar dilerim.

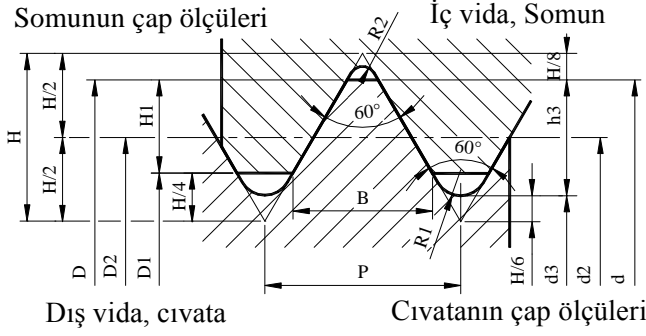
1 Tablolar

Tablo 1, Vidada hatve

I	II	III	ISO	ISO İnce		ISO-Vida				Köşe	Geçiş deliği çapı d_G			Kk tol.
											Hassas	Orta	Kaba	
1	1.1		0.3							kırma	1.1	1.2	1.3	
											1.2	1.3	1.4	
1.2	1.4		0.3	0.4						0,1x45°	1.3	1.4	1.5	
											1.5	1.6	1.8	
1.6	1.8		0.4							0,1x45°	1.7	1.8	2	
											2	2.1	2.2	
2	2.2		0.4	0.3						0,1x45°	2.2	2.4	2.6	
											2.4	2.6	2.8	
2.5			0.5	0.4						0,1x45°	2.7	2.9	3.1	
											3.2	3.4	3.6	
3	3.5		0.5	0.4						0,1x45°	3.7	3.9	4.2	
											4.3	4.5	4.8	
4	4.5		0.7			0.5				0,1x45°	4.8	5	5.3	
											5.3	5.5	5.8	
5			0.8			0.5				0,1x45°	6.4	6.6	7	
											7.4	7.6	8	
6		7	1			0.8				0,1x45°	8.4	9	10	
											9.4	10	11	
8		9	1.3	1		0.8				0,1x45°	10.5	11	12	
											11.5	12	13	
10		11	1.5	1	1.3	0.8	1			0,15	13	13.5	14.5	
											15	15.5	16.5	
12	14		1.8	1.3	1.5	1				0,15	17	17.5	18.5	
											19	20	21	
16			2	1.5	2	1				0,2x45°	21	22	24	
											23	24	26	
20	18		2.5	1.5		1	2			0,2x45°	25	26	28	
											28	30	32	
24	22		2.5	1.5		1	2			0,2x45°	31	33	35	
											34	36	38	
30	27		3	1.5	2	1				0,3x45°	37	39	42	
											40	42	45	
36	33		3.5	2		1.5		3		0,3x45°	43	45	48	
											46	48	52	
42			4	2		1.5		3		0,3x45°	50	52	56	
											54	56	62	
48	39		4.5			1.5	2	3	4	0,3x45°	58	62	66	
											62	66	70	
56	52		5			1.5	2	3	4	0,3x45°	62	66	70	
											62	66	70	
60			5.5			1.5	2	3	4	0,3x45°	62	66	70	
											62	66	70	

+ IT14 / - IT12

Tablo 2, Metrik ISO-Standart dişli vidalar (ISO 68 ; DIN 13 T1 ; TS61/3), ölçüler mm dir.



$$d_2 = D_2 = d - 0,64952 P \quad H = 0,86603 P$$

$$D_1 = d - 1,08253 P \quad H_1 = 0,54127 P$$

$$d_3 = d - 1,22687 P \quad h_3 = 0,61343 P$$

$$R_1 = H/6 = 0,14434 P \quad d_s = (d_2 + d_3)/2$$

$$R_2 = H/12 = 0,07217 P \quad \tan \phi = P/(\pi \cdot d_2)$$

$$\text{Matkap çapı } D_M = d - P$$

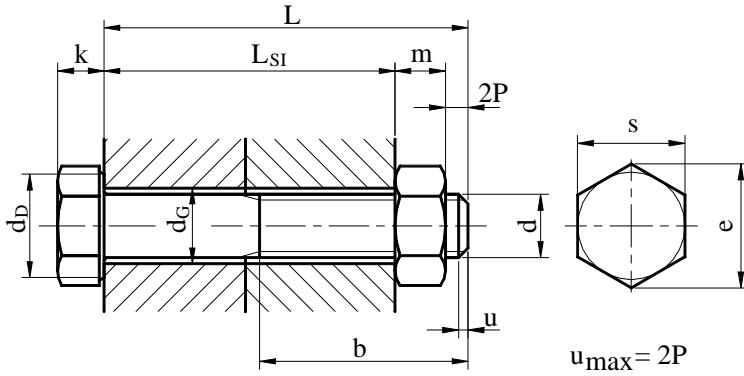
$$M 12 = \text{Anma çapı 12 mm olan cıvata}$$

Anma çapı d = D	Hatve (Adım) P	Bölüm çapı d ₂ = D ₂	Diş dibi çapı		Diş yüksekliği		Gerilim kesiti A _{GE} mm ²	Diş dibi kesiti A ₃ mm ²	Helis açısı φ	
			d ₃	D ₁	h ₃	H ₁				
1		0.25	0.838	0.693	0.729	0.153	0.135	0.460	0.377	5.427°
1.2		0.25	1.038	0.893	0.929	0.153	0.135	0.732	0.627	4.386°
1.6		0.35	1.373	1.171	1.221	0.215	0.189	1.270	1.076	4.640°
2		0.4	1.740	1.509	1.567	0.245	0.217	2.073	1.789	4.185°
2.5		0.45	2.208	1.948	2.013	0.276	0.244	3.391	2.980	3.712°
3		0.5	2.675	2.387	2.459	0.307	0.271	5.031	4.473	3.405°
4	3.5	0.6	3.110	2.764	2.850	0.368	0.325	6.775	6.000	3.514°
	0.7	3.545	3.141	3.242	0.429	0.379	8.779	7.750	3.596°	
	4.5	0.75	4.013	3.580	3.688	0.460	0.406	11.319	10.065	3.405°
5		0.8	4.480	4.019	4.134	0.491	0.433	14.183	12.683	3.253°
6		1	5.350	4.773	4.917	0.613	0.541	20.123	17.894	3.405°
8		1.25	7.188	6.466	6.647	0.767	0.677	36.609	32.841	3.168°
10		1.5	9.026	8.160	8.376	0.920	0.812	57.990	52.292	3.028°
		1.75	10.863	9.853	10.106	1.074	0.947	84.267	76.247	2.935°
	14	2	12.701	11.546	11.835	1.227	1.083	115.439	104.706	2.869°
16	2	14.701	13.546	13.835	1.227	1.083	156.668	144.121	2.480°	
	18	2.5	16.376	14.933	15.294	1.534	1.353	192.473	175.135	2.782°
	20	2.5	18.376	16.933	17.294	1.534	1.353	244.794	225.190	2.480°
24	22	2.5	20.376	18.933	19.294	1.534	1.353	303.399	281.527	2.237°
	3	22.051	20.319	20.752	1.840	1.624	352.504	324.273	2.480°	
	27	3	25.051	23.319	23.752	1.840	1.624	459.406	427.095	2.183°
30		3.5	27.727	25.706	26.211	2.147	1.894	560.587	518.988	2.301°
	33	3.5	30.727	28.706	29.211	2.147	1.894	693.553	647.193	2.077°
	36	4	33.402	31.093	31.670	2.454	2.165	816.722	759.280	2.183°
42	39	4	36.402	34.093	34.670	2.454	2.165	975.752	912.868	2.003°
	4.5	39.077	36.479	37.129	2.760	2.436	1120.910	1045.148	2.099°	
	45	4.5	42.077	39.479	40.129	2.760	2.436	1306.003	1224.120	1.950°
48		5	44.752	41.866	42.587	3.067	2.706	1473.149	1376.593	2.037°
	52	5	48.752	45.866	46.587	3.067	2.706	1757.834	1652.209	1.870°
	56	5.5	52.428	49.252	50.046	3.374	2.977	2030.017	1905.204	1.913°
64	60	5.5	56.428	53.252	54.046	3.374	2.977	2362.020	2227.231	1.777°
	6	60.103	56.639	57.505	3.681	3.248	2675.972	2519.519	1.820°	
	68	6	64.103	60.639	61.505	3.681	3.248	3055.293	2887.957	1.707°

Bu tabeladaki değerler, yukarıda verilmiş olan formüllerle hesaplanmıştır.

Burada bulunmayan vida değerleri, yukarıda verilmiş olan formüllerle hesaplanır.

Tablo 3, 6-Köşe cıvataların konstruksiyon ölçüleri, ölçüler mm dir.



- d Vida anma çapı
s Anahtar ağızı
e Köşe boyu
k Kafa yüksekliği
b Vida boyu
m Somun yüksekliği
d_G Geçiş deliği çapı
d_D Temas daireсі çapı
A_b Bası alanı
L_{min} en küçük cıvata boyu
L_{s1} Sıkıştırma boyu

d	s	e	k	b		m		d _G			d _D	A _b	L _{min} *)5
				*)1	*)2	*)3	*)4	hass	nor	kaba			
M 3	5.5	6.01	2	12	---	2,4	1,8	3.2	3.4	3.6	4.6	7.5	6
M 4	7	7.66	2.8	14	---	3,2	2,2	4.3	4.5	4.8	5.9	11.4	8
M 5	8	8.79	3.5	16	22	4,7	2,7	5.3	5.5	5.8	6.9	13.6	10
M 6	10	11.1	4	18	24	5,2	3,2	6.4	6.6	7	8.9	28.0	12
M 8	13	14.4	5.3	22	28	6,8	4	8.4	9	10	11.6	42.1	16
M10	16	17.8	6.4	26	32	8,4	5	10,5	11	12	14.6	72.4	20
M12	18	20.1	7.5	30	36	10,8	6	13	13,5	14,5	16.6	73.3	25
M14	21	23.4	8.8	34	40	12,8	7	15	15,5	16,5	19.6	113	30
M16	24	26.8	10	38	44	14,8	8	17	17,5	18,5	22.5	157	30
M20	30	33.5	12.5	46	52	18	10	21	22	24	28.2	244	40
M22	34	37.7	14	50	56			23	24	26	31.7	337	45
M24	36	40	15	54	60	21,5	12	25	26	28	33.6	356	50
M27	41	45.2	17	60	66			28	30	32	38.0	427	55
M30	46	50.9	18.7	66	72	25,6	15	31	33	35	42.7	577	60
M33	50	55.4	21	72	78			34	36	38	46.6	688	65
M36	55	60.8	22.5	78	84	31	18	37	39	42	51.1	856	70
M39	60	66.4	25	84	90			40	42	45	55.9	1069	80
M42	65	71.3	26	90	96			43	45	48	60.6	1294	90

*)1 L ≤ 125 mm için ; *)2 L > 125, 200 mm ye kadar ; *)3 somun tipi 1 için ; *)4 basık somun için

*)5 Boy basamağı : 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300, 320, 340,, 500.

Tablo 4, Metrik ISO-İnce dişli vidalar, (ISO 68 ; DIN 13 T12 ; TS61/5-13), Ölçüler mm dir.

$$D_2 = D_2 = d - 0,64952 P \quad H = 0,86603 P$$

$$D_1 = d - 1,08253 P \quad H_1 = 0,54127 P$$

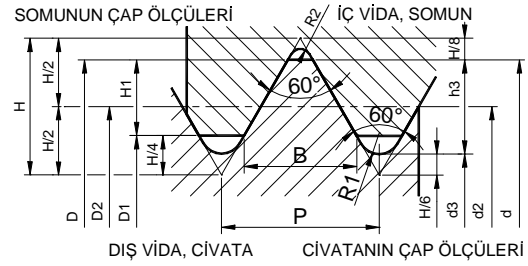
$$d_3 = d - 1,22687 P \quad h_3 = 0,61343 P$$

$$R_1 = H/6 = 0,14434 P \quad d_s = (d_2 + d_3)/2$$

$$R_2 = H/12 = 0,07217 P \quad \tan \varphi = P/(\pi \cdot d_2)$$

$$\text{Matkap çapı } D_M : D_M = d - P$$

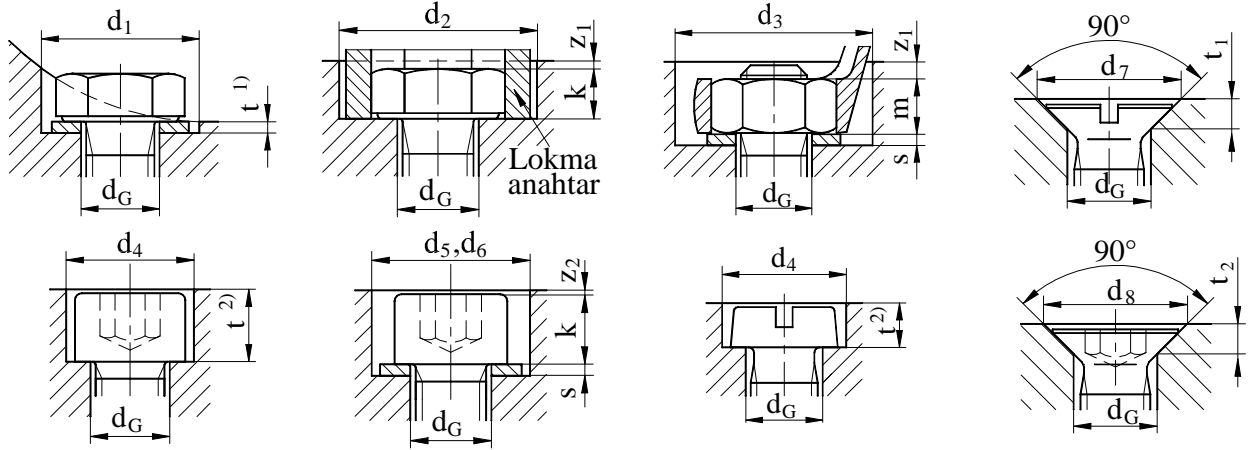
Gösterilmesi : Anma çapı 12 mm ve hatvesi 1,25 olan civata M 12x1,25



d = D mm	P mm	d ₂ = D ₂ mm	Diş dibi çapı mm		Diş yüksekliği mm		A _{GE} mm ²	A ₃ mm ²	Helis φ
			d ₃	D ₁	h ₃	H ₁			
8	1	7.350	6.773	6.917	0.613	0.541	39.167	36.030	2.480°
12	1	11.350	10.773	10.917	0.613	0.541	96.104	91.154	1.606°
16	1	15.350	14.773	14.917	0.613	0.541	178.174	171.410	1.188°
20	1	19.350	18.773	18.917	0.613	0.541	285.376	276.798	0.942°
10	1.25	9.188	8.466	8.647	0.767	0.677	61.199	56.297	2.480°
12	1.25	11.188	10.466	10.647	0.767	0.677	92.072	86.037	2.037°
16	1.5	15.026	14.160	14.376	0.920	0.812	167.248	157.470	1.820°
20	1.5	19.026	18.160	18.376	0.920	0.812	271.503	259.004	1.438°
24	1.5	23.026	22.160	22.376	0.920	0.812	400.891	385.671	1.188°
30	1.5	29.026	28.160	28.376	0.920	0.812	642.097	622.796	0.942°
36	1.5	35.026	34.160	34.376	0.920	0.812	939.851	916.469	0.781°
42	1.5	41.026	40.160	40.376	0.920	0.812	1294.154	1266.691	0.667°
48	1.5	47.026	46.160	46.376	0.920	0.812	1705.005	1673.462	0.582°
24	2	22.701	21.546	21.835	1.227	1.083	384.416	364.614	1.606°
30	2	28.701	27.546	27.835	1.227	1.083	621.201	595.957	1.271°
56	2	54.701	53.546	53.835	1.227	1.083	2300.718	2251.895	0.667°
64	2	62.701	61.546	61.835	1.227	1.083	3031.121	2975.043	0.582°
72	2	70.701	69.546	69.835	1.227	1.083	3862.055	3798.721	0.516°
80	2	78.701	77.546	77.835	1.227	1.083	4793.519	4722.931	0.463°
90	2	88.701	87.546	87.835	1.227	1.083	6099.222	6019.565	0.411°
100	2	98.701	97.546	97.835	1.227	1.083	7562.004	7473.278	0.370°
110	2	108.701	107.546	107.835	1.227	1.083	9181.866	9084.071	0.336°
125	2	123.701	122.546	122.835	1.227	1.083	11906.18	11794.78	0.295°
36	3	34.051	32.319	32.752	1.840	1.624	864.937	820.382	1.606°
42	3	40.051	38.319	38.752	1.840	1.624	1205.976	1153.260	1.366°
48	3	46.051	44.319	44.752	1.840	1.624	1603.564	1542.686	1.188°
56	4	53.402	51.093	51.670	2.454	2.165	2143.958	2050.239	1.366°
64	4	61.402	59.093	59.670	2.454	2.165	2850.781	2742.552	1.188°
72	4	69.402	67.093	67.670	2.454	2.165	3658.136	3535.396	1.051°
80	4	77.402	75.093	75.670	2.454	2.165	4566.021	4428.771	0.942°
90	4	87.402	85.093	85.670	2.454	2.165	5842.249	5686.862	0.835°
100	4	97.402	95.093	95.670	2.454	2.165	7275.557	7102.032	0.749°
125	4	122.402	120.093	120.670	2.454	2.165	11546.05	11327.18	0.596°

Bu tablodaki değerler, yukarıda verilmiş olan formüllerle hesaplanmıştır. Burada bulunmayan vida değerleri, yukarıda verilmiş olan formüllerle hesaplanır.

Tablo 5, Çeşitli cıvatalar için yardımcı konstruksiyon ölçüleri. Ölçüler mm dir.



Vida anma çapı d	6 köşe başlı cıvata ve somun için gerekli dayanma yüzeyi				Silindir başlı cıvata için hücre boyutları				90° Havşa başlı cıvata için konik oturma yuvası			
	d ₁	d ₂	d ₃	z ₁ ²⁾	d ₄	d ₅	d ₆	z ₂ ²⁾	d ₇	t ₁	d ₈	t ₂
M1,6	5	---	---	---	3,5	---	---	0,4	3,7	9,9	---	---
M 2	6	---	---	---	4,4	5,5	6	0,4	4,6	1,1	---	---
M2,5	8	---	---	---	5,5	6	7	0,4	5,7	1,3	---	---
M 3	9	11	11	0,4	6,5	7	9	0,4	6,5	1,5	6,6	1,6
M 4	10	13	15	0,4	8	9	10	0,4	8,6	1,9	9	2,3
M 5	11	15	18	0,4	10	11	13	0,4	10,4	2,3	11	2,8
M 6	13	18	20	0,4	11	13	15	0,4	12,4	2,7	13	3,2
M 8	18	24	26	0,6	15	16	18	0,6	16,4	3,7	17,2	4,1
M10	22	28	33	0,6	18	20	24	0,6	20,4	4,7	21,5	5,3
M12	26	33	36	0,6	20	24	26	0,6	23,9	5,2	25,5	6
M16	33	40	46	0,6	26	30	33	0,6	31,9	7,2	31,5	7
M20	40	46	54	0,6	33	36	40	0,6	40,4	9,2	38	8
M24	48	58	73	0,8	40	43	48	0,8	---	---	41	13,5
M30	61	73	82	1,0	50	54	61	1,0	---	---	---	---
M36	73	82	93	1,0	58	63	69	1,0	---	---	---	---

1) Temiz düzlem derinliği cıvata eksenine dik yeterli cıvata oturma yüzeyi verecek kadar olmalıdır.

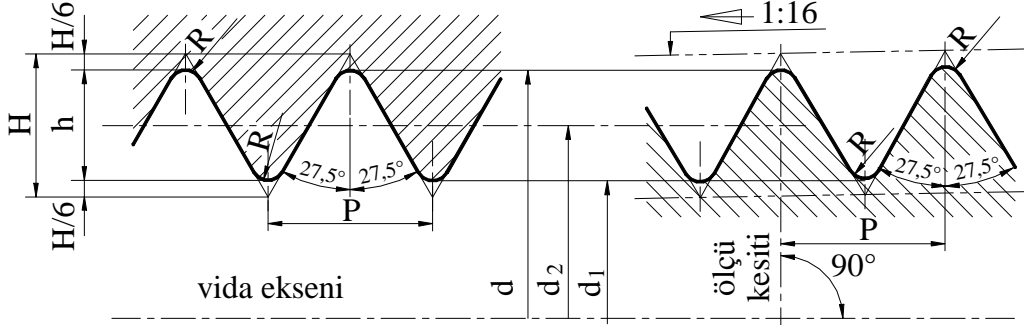
2) İşleme derinliği konstruksiyona göre olmalıdır. Bunun için bir reçete yoktur. Öneri olarak şu formül alınabilir: $t = k_{\max} + s_{\max} + z$ (bu konstruksiyon payı z_1 veya z_2 olabilir)

Burada bulunmayan değerler diğer tablolardan seçilir veya akli selim (sağ duyu) ile standartlardan seçilir.

Tablo 6, Boru vidaları profil ölçüleri, ISO 7-1, ISO 228-1, TS 61. Ölçüler mm dir.

Silindirik iç vida ¹⁾
ISO 7-1 , ISO 228-1

konik dış vida
ISO 7-1



$$H = 0,960491.P$$

$$R = 0,137329.P$$

$$h = 0,640327.P$$

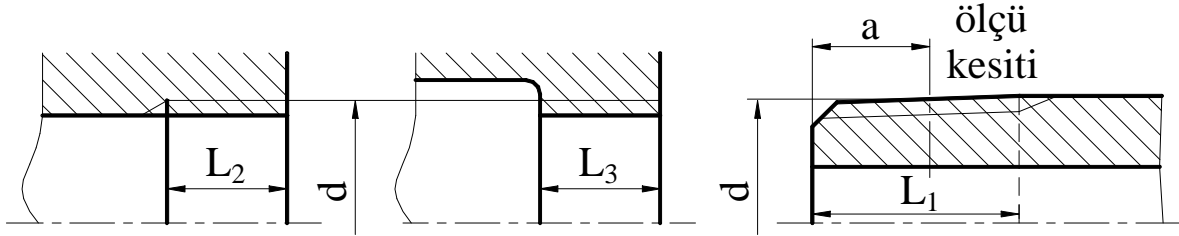
$$P = 25,4 / z$$

$$H = 0,960237 . P$$

$$R = 0,137278 . P$$

$$h = 0,640327 . P$$

$$P = 25,4 / z$$



Silindirik iç vida

Konik dış vida

a) Anma büyüklüğü 1/2 inch olan boru vidanın gösterilmesi

Standart	iç vida	dış vida
ISO 7-1	Silindirik Rp 1/2	Konik R 1/2
ISO 228-1	Silindirik G 1/2	Konik G 1/2 A ²⁾

b) Ölçüler

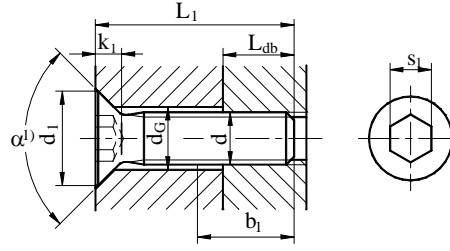
vida anma çapı	Boru çapı ³⁾	ölçme düzlemi mesafe a ³⁾	çaplar			Hatve P	Parmak ta dış sayısı z	vida boyu ³⁾		
			dış d=D	bölüm d ₂ =D ₂	iç d ₁ =D ₁			L ₃ min	L ₂ min	kulla- nılan L1
1/8	6	4	9,728	9,147	8,566	0,907	28	4,5	7,4	6,5
1/4	8	6	13,157	12,301	11,445	1,337	19	6,8	11,0	9,7
3/8	10	6,4	16,662	15,806	14,950	1,337	19	7,1	11,4	10,1
1/2	15	8,2	20,955	19,793	18,631	1,814	14	9,2	15,0	13,2
3/4	20	9,5	26,441	25,279	24,117	1,814	14	10,2	16,3	14,5
1	25	10,4	33,249	31,770	30,291	2,309	11	11,6	19,1	16,8
1 1/4	32	12,7	41,910	40,431	38,952	2,309	11	13,5	21,4	19,1
1 1/2	40	12,7	47,803	46,324	44,845	2,309	11	13,5	21,4	19,1
2	50	15,9	59,614	58,135	56,656	2,309	11	16,9	25,7	23,4

1) İç ve dış vida profili ISO 228.1 de aynı ölçülere sahiptir.

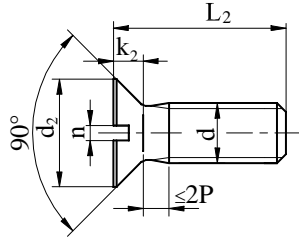
2) Bölüm çapı toleransları A veya B dir. A ile B toleransı bağıntısı B = 2A

3) Burada yalnız ISO 7-1 değerleri verilmiştir.

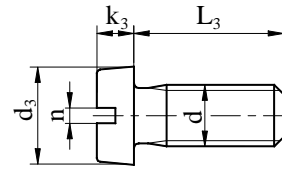
Tablo 7, Çeşitli cıvatalara genel bakış. Ölçüler mm dir.



Havşa başlı iç altı köşe



Havşa başlı yarıklı



Basık başlı

d	d ₁	d ₂	d ₃	s ₁	n	k ₁	k ₂	k ₃	b ₁	L ₁ ¹⁾	L ₂ ¹⁾	L ₃
M1,6			3		0,4		1	1,1				
M 2			3,8		0,5		1,2	1,4				
M2,5			4,5		0,6		1,5	1,8				
M 3	6	5,6	5,5	2	0,8	1,7	1,6	2,0	12	8-30(20)	4-30(22)	4-30
M 4	8	7,5	7	2,5	1,2	2,3	2,2	2,6	14	8-40(25)	5-40(25)	5-40
M 5	10	9,2	8,5	3	1,2	2,8	2,5	3,3	16	8-50(30)	6-50(30)	6-50
M 6	12	11	10	4	1,6	3,3	3,0	3,9	18	8-50(35)	8-50(35)	8-60
M 8	16	14,5	13	5	2,0	4,4	4,0	5,0	22	10-60(40)	10-55(40)	10-80
M10	20	18	16	6	2,5	5,5	5,0	6,0	26	12-70(40)	12-60(50)	12-80
M12	24	22	18	8	---	6,5	6,0	---	30	20-70(50)	20-80(60)	---
M14	27	25	21	10	---	7	7,0	---	34	25-80(50)	22-80(60)	---
M16	30	29	24	10	---	7,5	8,0	---	38	30-90(60)	25-100(70)	---
M20	36	36	30	12	---	8,5	10	---	46	35-100(70)	30-100(80)	---
M24	39	---	36	14	---	14	---	---	54	50-100(90)	---	---
M30	---	---	45	---	---	---	---	---	66	---	---	---

Burada bulunmayan değerler veya den alınmalıdır.

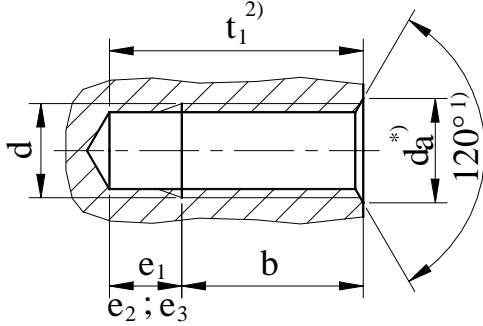
Boy basamağı bak , L_{db} bak

Tablo 11,

1) Parantez içindeki değerler uygulamada seçilen max boylardır ve havşa başlı cıvatalarda vida bütün shaft boyundadır.

Tablo 8, İç vidada cep somun konstruksiyon ölçüleri

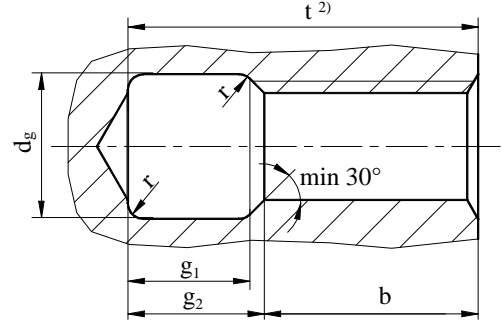
Vidanın kör matkap deliği



$$d_{amin} = 1.d$$

b = Teknik şartlara göre verimli hatve boyu.

Vidanın arka kör boşluğuna



Hatve P ³⁾	vida anma çapı d ³⁾	Vidanın kör matkap deliğine geçiş ölçüleri			Vidanın arka kör boşluğuna geçiş ölçüleri					
		e ₁ normal	e ₂ kısa	e ₃ uzun	d _g H 13	g ₁ minimum		g ₂ maksimum		r ≈
0,25	M 1	1,5	1,0	2,4	d+0,1	1,0	0,6	1,4	1,0	0,12
0,35	M 1,6	2,1	1,3	3,3	d+0,2	1,4	0,9	1,9	1,4	0,16
0,4	M 2	2,3	1,5	3,7	d+0,2	1,6	1,0	2,2	1,6	0,2
0,45	M 2,5	2,6	1,6	4,1	d+0,2	1,8	1,1	2,4	1,7	0,2
0,5	M 3	2,8	1,8	4,5	d+0,3	2,0	1,25	2,7	2,0	0,2
0,7	M 4	3,8	2,4	6,1	d+0,3	2,8	1,75	3,8	2,75	0,4
0,8	M 5	4,2	2,7	6,8	d+0,3	3,2	2,0	4,2	3,0	0,4
1	M 6	5,1	3,2	8,2	d+0,5	4,0	2,5	5,2	3,7	0,6
1,25	M 8	6,2	3,9	10,0	d+0,5	5,0	3,2	6,7	4,9	0,6
1,5	M10	7,3	4,6	11,6	d+0,5	6,0	3,8	7,8	5,6	0,8
1,75	M12	8,3	5,2	13,3	d+0,5	7,0	4,3	9,1	6,4	1,0
2	M16	9,3	5,8	14,6	d+0,5	8,0	5,0	10,3	7,3	1,0
2,5	M20	11,2	7,0	17,9	d+0,5	10,0	6,3	13,0	9,3	1,2
3	M24	13,1	8,2	21,0	d+0,5	12,0	7,5	15,2	10,7	1,6
3,5	M30	15,2	9,5	24,3	d+0,5	14,0	9,0	17,7	12,7	1,6
4	M36	16,8	10,5	26,9	d+0,5	16,0	10,0	20,0	14,0	2,0
4,5	M42	18,4	11,5	29,4	d+0,5	18,0	11,0	23,0	16,0	2,0
5	M48	20,8	13,0	33,3	d+0,5	20,0	12,5	26,0	18,5	2,5

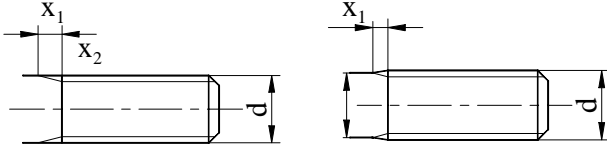
1) 120° standarttır. Özel hallerde, eğer açı 90° veya 60° alınacaksa bu resimde belirtilmelidir.

2) Konstruksiyona göre " t " değeri hesaplanır. " t " değerinin toleransı maksimum "+0,5 . P " ve minimum olarak " 0 " alınır.

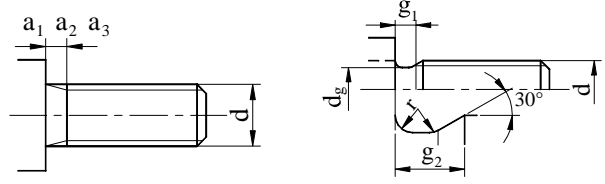
3) Burada verilen vida büyüklükleri semboliktir. Burada verilmeyen diğer vida büyüklükleri ve ince dişli vidalar için ölçü çıkış değeri Hatvedir. Kontruksiyon ölçüleri hatveye göre seçilir.

Tablo 9, Dış vidada konstruksiyon ölçüleri

Vidanın düz şafta çıkış ölçüleri



Vidanın ökçeli şafta veya oluklu araya çıkış ölçüleri



Hatve P ¹⁾	vida anma çapı d	Vida çıkışı		açıklık			Vidanın şafta geçiş ölçüleri					
		x ₁	x ₂	a ₁	a ₂	a ₃	d _g ⁴⁾	g ₁		g ₂		r
		maksimum		maksimum			h 13	normal	kısa	normal	kısa	≈
		kısa	normal	kısa ²⁾	normal	uzun ³⁾						
0,25	M 1	0,3	0,6	0,5	0,75	-	d-0,4	0,55	0,25	0,9	0,6	0,12
0,35	M 1,6	0,45	0,9	0,7	1,05	-	d-0,6	0,7	0,4	1,2	0,9	0,16
0,4	M 2	0,5	1,0	0,8	1,2	-	d-0,7	0,8	0,5	1,4	1,0	0,2
0,45	M 2,5	0,6	1,1	0,9	1,35	-	d-0,7	1	0,5	1,6	1,1	0,2
0,5	M 3	0,7	1,25	1	1,5	-	d-0,8	1,1	0,5	1,75	1,25	0,2
0,7	M 4	0,9	1,75	1,4	2,1	-	d-1,1	1,5	0,8	2,45	1,75	0,4
0,8	M 5	1	2,0	1,6	2,4	3,2	d-1,3	1,7	0,9	2,8	2,0	0,4
1	M 6	1,25	2,5	2	3	4	d-1,6	2,1	1,1	3,5	2,5	0,6
1,25	M 8	1,6	3,2	2,5	3,75	5	d-2,0	2,7	1,5	4,4	3,2	0,6
1,5	M10	1,9	3,8	3	4,5	6	d-2,3	3,2	1,8	5,2	3,8	0,8
1,75	M12	2,2	4,3	3,5	5,25	7	d-2,6	3,9	2,1	6,1	4,3	1,0
2	M16	2,5	5,0	4	6	8	d-3,0	4,5	2,5	7	5,0	1,0
2,5	M20	3,2	6,3	5	7,5	10	d-3,6	5,6	3,2	8,7	6,3	1,2
3	M24	3,8	7,5	6	9	12	d-4,4	6,7	3,7	10,5	7,5	1,6
3,5	M30	4,5	9,0	7	10,5	14	d-5,0	7,7	4,7	12	9,0	1,6
4	M36	5	10,0	8	12	16	d-5,7	9	5	14	10,0	2,0
4,5	M42	5,5	11,0	9	13,5	18	d-6,4	10,5	5,5	16	11,0	2,0
5	M48	6,3	12,5	10	15	20	d-7,0	11,5	6,5	17,5	12,5	2,5

1) Burada verilen vida büyüklükleri semboliktir. Burada verilmeyen diğer vida büyüklükleri ve ince dişli vidalar için ölçü çıkış değeri Hatvedir. Kontruksiyon ölçüleri hatveye göre seçilir.

2) Açıklık a₂ yarık ve yıldız başlı cıvatalarda teknik yönden kısa ölçü gerektiğinde kullanılır.

3) Açıklık a₃ yalnız imalat sınıfı C içindir.

4) Anma çapı 3 mm kadar vidalarda tolerans h 12 dir.

Tablo 10, Standart cıvataların malzeme ve mekanik değerleri

Standart adı, (cıvatanın kalitesi)	Malzeme ve ısıl işlemi	Çekme mukavemeti ²⁾ R _m MPa	Akma mukavemeti ²⁾ R _{p0,2} MPa	Kopma gerilmesi A ₅ % minimum
3.6 ¹⁾	Az C-alışımli çelikler Örneğin: QSt 36.2	300 (330)	180 (190)	25
4.6 ¹⁾	Az veya orta değer C-alışımli çelikler. Örneğin: UQSt 38.2	400	240	22
4.8 ¹⁾		400 (420)	320 (340)	14
5.6 ¹⁾	Az veya orta değer C-alışımli çelikler Örneğin: Cq22,Cq35	500	300	20
5.8 ¹⁾		500 (520)	400 (420)	10
6.8 ¹⁾		600	480	8
8.8	Su verilmiş ve tavllanmış az veya orta değer C-alışımli vede ek metalli (Bor, Mn, Cr) çelikler. Örneğin: 22B2, Cq45	≤ M16 800	640	12
		> M16 800 (830)	640 (660)	
9.8		900	720	10
10.9	Su verilmiş ve tavllanmış az veya orta değer C-alışımli vede ek metalli ³⁾ (Bor, Mn, Cr) çelikler. Örneğin: 35B2, 34Cr4	1000 (1040)	900 (940)	9
12.9	Alışımli, su verilmiş ve tavllanmış çelikler. Örneğin: 34CrMo4	1200 (1220)	1080 (1100)	8

1) Otomat çelikleri $S \leq 0,34 \%$, $P \leq 0,11 \%$, $Pb \leq 0,35 \%$ ile malzeme olarak kullanırlar.

2) Parantez içi () değerler hesaplanan değerden farklı olanlar için verilmiştir.

3) Az miktarda C-alışımli Bor ile takviyeli çelikler kalitenin altı çizilmelidir. Örneğin: 10.9

Tablo 11, Cep somunda dış (vida) boyu L_{db}

Sıkılan parçaların malzemesi		Cıvata malzemesine göre cep somun vida boyu L_{db} ²⁾			
		3.6 / 4.6	4.8 / 6.8	8.8	10.9
Çelik R_m i MPa olarak	≤ 400	0,8 . d	1,2 . d	---	---
	$> 400 \dots 600$	0,8 . d	1,2 . d	1,2 . d	---
	$> 600 \dots 800$	0,8 . d	1,2 . d	1,2 . d	---
	> 800	0,8 . d	1,2 . d	1,0 . d	1,2 . d
Kır döküm		1,3 . d	1,5 . d	1,5 . d	1,0 . d
Bakır alışımları		1,3 . d	1,3 . d	---	---
Hafif metal ¹⁾	Al-Döküm alışımları	1,6 . d	2,2 . d	---	---
	Saf aliminyum	1,6 . d	---	---	---
	Al-alış. sertleştirilmiş	0,8 . d	1,2 . d	1,6 . d	---
	sertleştirilmemiş	1,2 . d	1,6 . d	---	---
Yumuşak metal, suni maddeler, v.b.		2,5 . d	---	---	---

1) Dinamik yüklemelerde L_{db} boyu %20 daha uzun alınmalıdır.

2) İnce dış vidada L_{db} boyu %25 daha uzun alınması önerilir.

Tablo 12, Cıvata bağlantısında boşalma faktörü k_{bo}
(Bauer & Schaurte Karcher firmasına göre)

Sıkışma anma faktörü L_{S1} / d	boyu, çapı	Cıvata bağlantısında boşalma faktörü k_{bo}											statik yük Hep si
		dinamik yükleme ve gruplar											
		A		B			C			D			
		M4	M10	M4	M10	M18	M4	M10	M18	M4	M10	M18	
M8	M30	M8	M16	M30	M8	M16	M30	M8	M16	M30			
kısa	1	3	-	2	1,5	-	5	2	-	-	3,5	1,2	
	$>1 \dots 3$	2	1,5	3	2	1,5	3	2	-	4	2,5		
orta	$>3 \dots 4$	1,5	1,3	2	1,4	1,4	4 2,5	1,6	1,6	---	2		1,6
uzun	$>6 \dots 8$	1,4	1,3	1,6	1,3	1,3	2	1,4	1,4	4 3	1,6	1,6	
	$>8 \dots 10$												

A dan D ye kadar grupların bulunması

Kuvvet yönü	malzeme kalitesi	8.8 kadar		10.9 ve 12.9			
		Bağlantıda sayısı	aralık	Parçanın yüzey pürüzlüğü			
				$\sqrt{R_Z 6,3}$	$\sqrt{R_Z 25}$	$\sqrt{R_Z 6,3}$	$\sqrt{R_Z 25}$
boyuna	3 aralığa kadar		B	C	A	B	
	3 aralıktan fazla		C	D	B	C	
enine	3 aralığa kadar		C	D	B	C	
	3 aralıktan fazla		D	---	C	D	

Tablo 13, -a) Vidada sürtünme katsayısı μ_{vj} (Strelow a göre)

		Dış vida (Cıvata)											
		Çelik											
Malzeme	Yüzey durumu	Yüzey durumu	siyah menevişli (islah edilmiş) veya fosfatlanmış				çinko ile galvanizli (Zn6)		Kadmiyumla galvan (Cd6)		Yapışkanlı		
			Vidanın imal şekli	haddelenmiş			talaşlı imalat	talaşlı imalat veya haddelenmiş					
				Yağ-lama	kuru	yağlı		MoS ₂	yağlı	kuru		yağlı	kuru	yağlı	kuru
İç vida (Somun)	Çelik	parlak	talaşlı imalat	kuru	0,12	0,10	0,08	0,10	--	0,10		0,08	0,16
				
					0,18	0,16	0,12	0,16	--	0,18		0,14	0,25
		0,10			--	--	--	0,12	0,10	--	--	0,14	
		
		0,16			--	--	--	0,20	0,18	--	--	0,25	
	Kadmi-yumlu	0,08		--	--	--	--	--	0,12	0,12	--		
				
		0,14		--	--	--	--	--	0,16	0,14	--		
	1)	parlak		--	0,10	--	0,10	--	0,10	--	0,08	--	
						
				--	0,18	--	0,18	--	0,18	--	0,16	--	
AIMg	parlak	--	0,08	--	--	--	--	--	--	--			
						
		--	0,20	--	--	--	--	--	--	--			

1) kır veya temper döküm

Tablo 13-b) Cıvata başaltı veya somun altı sürtünme katsayısı μ_B (Strelow a göre)

Temas yüzeyi		Temas yüzeyi		Cıvata başaltı veya somun altı									
		Malzeme		Çelik									
		Yüzey		siyah menevişli (islah edilmiş) veya fosfatlanmış						Galvanizli (Zn6)		Kadmiyumlu (Cd6)	
		İmalat		preslenmiş			tornalı		taşlan- mış	preslenmiş			
		yağla ma	kuru	yağlı	MoS ₂	yağlı	MoS ₂	yağlı	kuru	yağlı	kuru	yağlı	
Basılan karışıt parça	Çelik	parlak	taşlanmış	--	0,12	--	0,10	--	0,16	0,10	--	0,08	--
			
				--	0,18	--	0,18	--	0,22	0,18	--	0,16	--
		galva-nizli	talaşlı imalat	0,12	0,10	0,08	0,10	0,08	--	0,10	0,08	0,08	0,08
				...	...	...	...	...	--	0,18	...	...	...
				0,18	0,18	0,12	0,18	0,12	--	...	0,18	0,16	0,14
	kadmiumlu	talaşlı imalat	0,10	...	--	0,10	--	0,10	0,16	0,10	--	--	
			...	0,16	...	...	...	...	...	...	...	...
			--	...	--	0,16	--	0,18	0,20	0,18	--	--	
	kır veya temper döküm	parlak	taşlanmış	--	0,10	--	--	--	--	--	--	0,12	0,12
			
				--	0,18	--	--	--	--	0,10	...	0,18	0,18
talaşlı imalat		--	0,14	--	0,10	--	0,14	0,10	0,10	0,08	--		
			
		--	0,20	--	0,18	--	0,22	0,18	0,16	0,16	--		
AlMg	talaşlı imalat	--	0,08	...	0,20	--	--	--	--	--	--	--	
		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	

Tablo 14, Cıvatanın pratik seçimi

Seçim statik ve dinamik kuvvet içinde aynıdır.

Kuvvet [kN]	Boyuna işletme kuvveti F_{js}												
	Statik	1,6	2,5	4,0	6,3	10	16	20	25	40	63	80	100
Dinamik	1,0	1,6	2,5	4,0	6,3	10	16	20	25	40	63	80	
Cıvata kalitesi ve çapı [mm]	4.6	6	8	10	14	16	20	24	24	30	---	---	---
	5.6	6	8	10	12	14	20	20	27	27	36	---	---
	6.8	5	6	8	10	12	16	20	20	24	30	36	---
	8.8	4	5	6	8	10	12	14	16	20	24	27	30
	10.9	4	5	6	8	10	12	12	14	16	20	24	27
	12.9	3	4	5	6	8	10	12	12	16	20	24	24

Örnek 1: İşletme kuvveti: 8,2 kN, dinamik, eksen dışı, şaftlı cıvata

Cıvata seçimi, 10 kN, Cıvata kalitesi 8.8**M 12**

Örnek 2: İşletme kuvveti: 8,2 kN, dinamik, tam eksenden, şaftlı cıvata

Cıvata seçimi, 10 kN, Cıvata kalitesi 8.8, bir boy küçük**M 10**

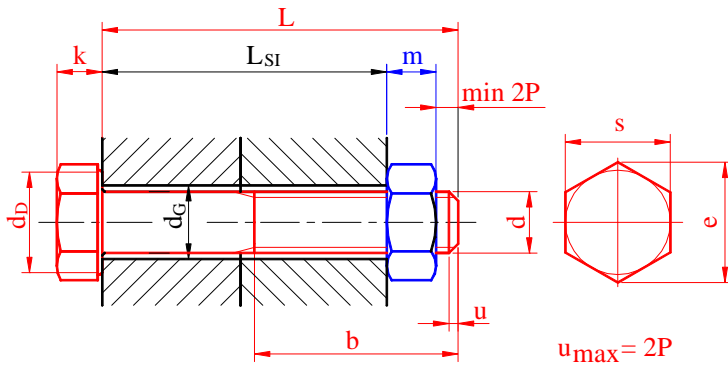
Örnek 3: İşletme kuvveti: 8,2 kN, dinamik, , eksen dışı, esnek cıvata

Cıvata seçimi, 10 kN, Cıvata kalitesi 8.8, bir boy büyük**M 14**

Örnek 4: İşletme kuvveti: 8,2 kN, dinamik, tam eksenden, , esnek cıvata

Cıvata seçimi, 10 kN, Cıvata kalitesi 8.8, bir boy küçük, bir boy büyük**M 12**

Tablo 15, 6-Köşe cıvataların ölçüleri



- d Vida anma çapı
- s Anahtar ağızı
- e Köşe boyu
- k Kafa yüksekliği
- b Vida boyu
- m Somun yüksekliği
- d_G Geçiş deliği çapı
- d_D Temas dairesi çapı
- A_b Bası alanı
- L_{min} en küçük cıvata boyu
- L_{S1} Sıkıştırma boyu

d	s	e	k	b		m		d _G			d _D	A _b	L _{min} *)5
				*)1	*)2	*)3	*)4	hass	nor	kaba			
M 5	8	8.79	3.5	16	22	4,7	2,7	5.3	5.5	5.8	6.9	13.6	10
M 6	10	11.1	4	18	24	5,2	3,2	6.4	6.6	7	8.9	28.0	12
M 8	13	14.4	5.3	22	28	6,8	4	8.4	9	10	11.6	42.1	16
M 10	16	17.8	6.4	26	32	8,4	5	10,5	11	12	14.6	72.4	20
M 12	18	20.1	7.5	30	36	10,8	6	13	13,5	14,5	16.6	73.3	25
M 14	21	23.4	8.8	34	40	12,8	7	15	15,5	16,5	19.6	113	30
M 16	24	26.8	10	38	44	14,8	8	17	17,5	18,5	22.5	157	30
M 20	30	33.5	12.5	46	52	18	10	21	22	24	28.2	244	40
M 22	34	37.7	14	50	56	20	11	23	24	26	31.7	337	45
M 24	36	40	15	54	60	21,5	12	25	26	28	33.6	356	50
M 27	41	45.2	17	60	66	24	13	28	30	32	38.0	427	55
M 30	46	50.9	18.7	66	72	25,6	15	31	33	35	42.7	577	60

*)1 L ≤ 125 mm için ; *)2 L > 125, 200 mm ye kadar ; *)3 somun tipi 1 için ; *)4 basık somun için

*)5 Boy basamağı : 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300, 320, 340,, 500.

Tablo 16, Cıvataların sıkma kuvveti ve sıkma momenti

Metrik ISO-Normal dişli vidalar için montajda sıkma kuvveti kN ve sıkma momenti M_{S1} , Nm olarak

Vida	μ *)1	Montajda boyuna kuvvet F_{S1} , kN				Montajda sıkma momenti M_{S1} , Nm			
		6.8	8.8	10.9	12.9	6.8	8.8	10.9	12.9
M5x0,80	0,08	5,38	7,17	10,1	12,1	3,25	4,33	6,10	7,31
	0,10	5,19	6,91	9,7	11,7	3,75	5,00	7,03	8,44
	0,12	4,99	6,65	9,4	11,2	4,20	5,60	7,88	9,46
	0,14	4,79	6,39	9,0	10,8	4,61	6,14	8,64	10,4
M6x1,00	0,08	7,60	10,1	14,2	17,1	5,61	7,48	10,5	12,6
	0,10	7,32	9,76	13,7	16,5	6,46	8,62	12,1	14,5
	0,12	7,04	9,38	13,2	15,8	7,23	9,64	13,6	16,3
	0,14	6,76	9,01	12,7	15,2	7,92	10,6	14,9	17,8
M8x1,25	0,08	13,9	18,6	26,1	31,3	13,5	18,0	25,3	30,4
	0,10	13,4	17,9	25,2	30,2	15,6	20,8	29,3	35,2
	0,12	12,9	17,2	24,2	29,1	17,5	23,4	32,9	39,4
	0,14	12,4	16,5	23,3	27,9	19,2	25,6	36,0	43,2
M10x1,50	0,08	22,1	29,5	41,5	49,8	26,5	35,3	49,6	59,6
	0,10	21,4	28,5	40,1	48,1	30,7	40,9	57,5	69,0
	0,12	20,6	27,4	38,5	46,2	34,4	45,9	64,5	77,4
	0,14	19,7	26,3	37,0	44,4	37,8	50,4	70,8	85,0
M12x1,75	0,08	32,3	43,0	60,5	72,6	45,5	60,7	85,3	102
	0,10	31,1	41,5	58,4	70,1	52,7	70,3	98,8	119
	0,12	30,0	40,0	56,2	67,4	59,2	79,0	111	133
	0,14	28,8	38,4	54,0	64,8	65,0	86,7	122	146
M14x2,00	0,08	44,3	59,1	83,1	99,7	72,4	96,6	136	163
	0,10	42,7	57,0	80,1	96,2	84,0	112	157	189
	0,12	41,1	54,9	77,2	92,6	94,4	126	177	212
	0,14	39,5	52,7	74,1	89,0	104	138	194	233
M16x2,00	0,08	60,8	81,1	114,0	136,8	111	148	208	250
	0,10	58,7	78,3	110,1	132,2	129	173	243	291
	0,12	56,6	75,5	106,1	127,3	146	195	274	329
	0,14	54,4	72,6	102,1	122,5	161	215	302	362
M20x2,50	0,08	95,0	127	178,1	213,7	217	290	407	489
	0,10	91,8	122	172,1	206,5	253	338	475	570
	0,12	88,4	118	165,8	199,0	286	381	536	643
	0,14	85,0	113	159,5	191,4	315	420	591	709
M22x2,50	0,08	119	158	222,2	266,7	291	389	546	656
	0,10	115	153	214,9	257,9	341	454	639	767
	0,12	111	147	207,2	248,6	386	514	723	868
	0,14	106	142	199,4	239,2	426	568	798	958
M24x3,00	0,08	137	182	256,5	307,8	374	499	702	842
	0,10	132	176	247,8	297,4	436	582	818	981
	0,12	127	170	238,8	286,5	492	656	923	1107
	0,14	122	163	229,6	275,6	543	723	1017	1221

*)1 Burada $\mu = \mu_{gen} = \mu_v = \mu_k$ dir. Genelde piyasadaki cıvata ve somun için hafif yağlanmış yüzey $\mu=0,12$ alınır. Hesaplar cıvata malzemesinin $0,9.R_{p0,2}$ değeri ve Tablo 2 daki geometrik değerler ile yapılmıştır.

Tablo 17, Tork anahtarıyla sıkımda önerilen sıkma momentleri

Vida büyüklüğü	Tork anahtarıyla sıkma metodu için sıkma momentleri		
	$\mu_V \approx \mu_B \approx \mu_{gen} \approx 0,12$ için		
	8.8	10.9	12.9
M 4	$2,3 \pm 0,5$	$3,4 \pm 0,7$	$3,4 \pm 0,7$
M 5	$4,6 \pm 1$	$6,4 \pm 1,5$	$7,7 \pm 1,8$
M 6	7 ± 2	$11 \pm 2,5$	13 ± 3
M 7	$12,5 \pm 3$	$18,5 \pm 4$	22 ± 5
M 8	20 ± 4	27 ± 6	32 ± 7
M 10	38 ± 8	53 ± 12	63 ± 14
M 12	65 ± 15	90 ± 20	108 ± 25
M 14	100 ± 25	145 ± 30	170 ± 40
M 16	160 ± 35	220 ± 50	265 ± 60
M 18	225 ± 55	315 ± 75	375 ± 85
M 20	310 ± 70	435 ± 100	520 ± 120
M 22	415 ± 95	585 ± 135	705 ± 160
M 24	530 ± 125	750 ± 170	900 ± 200

Buradaki önerilen değerler cıvata malzemesinin akma mukavemeti R_e veya $R_{p0,2}$ değerlerinin %90 ıyla hesaplanmıştır.

Örnek: Cıvata M12-8.8
 Genel sürtünme katsayısı $\mu_G \approx \mu_K \approx \mu_{gen} \approx 0,12$
 Sıkma momenti $M_{S1} = 65 \pm 15 \text{ Nm}$

Diğer deyimle; Cıvata en az 50 Nm ve en çok 80 Nm momentle sıkılacaktır.
 Burada 50 Nm moment değerini kontrol momenti olarak gösterebiliriz.

Tablo 18, Sıkma momenti faktörü α_{S1}

Sıkma metodu	Ön gerilme kuvvetinin dağılması	Montajda sıkma momenti	Sıkma momenti faktörü α_A
Akma sınırı veya dönme açısı kontrollü sıkma. metodu ile el anahtarı veya motorlu anahtarla sıkma.	Rp0,2	yoktur	1,0
Tork anahtarı ile torsiyon moment kontrollü sıkma. Bütün cıvatalar devamlı ve tam kontrol edilen, ön montajı normal veya darbeli anahtarla yapılmış.	$\pm 20\%$	0,9 M _{S1}	1,6
İmpulskontrollü darbeli anahtarla sıkma. Aşağı yukarı 10 cıvata tork anahtarı veya cıvatanın uzama kontrolü yapılan sıkma metodu.	$\pm 40\%$	0,85 M _{S1}	2,5
İmpulskontrollü darbeli anahtarla veya el anahtarı ile hissi sıkma. Sıkma momenti ne sıkılırken verilir nede sonradan kontrol edilir, kontrolsuz.	$\pm 60\%$	yoktur	4,0

Tablo 19, Standart cıvataların malzeme ve mekanik değerleri

Standart adı, (cıvatanın kalitesi)	Malzeme ve ısıl işlemi	Çekme mukavemeti ²⁾ R _m MPa	Akma mukavemeti ²⁾ R _{p0,2} MPa	Kopma gerilmesi A ₅ % minimum
3.6 ¹⁾	Az C-alışimli çelikler Örneğin: QSt 36.2	300 (330)	180 (190)	25
4.6 ¹⁾	Az veya orta değer C-alışimli çelikler. Örneğin: UQSt 38.2	400	240	22
4.8 ¹⁾		400 (420)	320 (340)	14
5.6 ¹⁾	Az veya orta değer C-alışimli çelikler Örneğin: Cq22, Cq35	500	300	20
5.8 ¹⁾		500 (520)	400 (420)	10
6.8 ¹⁾		600	480	8
8.8 $\leq M16$ $> M16$	Su verilmiş ve tavlanmış az veya orta değer C-alışimli vade ek metalli (Bor, Mn, Cr) çelikler. Örneğin: 22B2, Cq45	800	640	12
		800 (830)	640 (660)	
9.8		900	720	10
10.9	Su verilmiş ve tavlanmış az veya orta değer C-alışimli vade ek metalli ³⁾ (Bor, Mn, Cr) çelikler. Örneğin: 35B2, 34Cr4	1000 (1040)	900 (940)	9
12.9	Alışimli, su verilmiş ve tavlanmış çelikler. Örneğin: 34CrMo4	1200 (1220)	1080 (1100)	8

1) Otomat çelikleri S \leq 0,34 % , P \leq 0,11 % , Pb \leq 0,35 % ile malzeme olarak kullanırlar.

2) Parantez içi () değerler hesaplanan değerden farklı olanlar için.

3) Az miktarda C-alışimli Bor ile takviyeli çelikler kalitenin altı çizilmelidir. Örneğin: 10.9

Tablo 20, Standart civataların 300° C kadar mekanik değerleri

Isı	< 100 °	100 °	200 °	300 °	< 100 °	100 °	200 °	300 °
Malzeme	4.6	4.6	4.6	4.6	5.6	5.6	5.6	5.6
Normal ısı	20 °	20 °	20 °	20 °	20 °	20 °	20 °	20 °
R _m MPa	400	400	400	400	500	500	500	500
R _e MPa	240	240	240	240	300	300	300	300
E MPa	210000	210000	210000	210000	210000	210000	210000	210000
İşletme ısısı	100 °	100 °	200 °	300 °	100 °	100 °	200 °	300 °
R _{mış} MPa	400	390	380	350	500	470	430	450
R _{eış} MPa	240	210	190	140	300	250	210	160
E _{ış} MPa	210000	207000	200000	193000	210000	207000	200000	193000
α 1/K 10 ⁻⁶	- - -	11,1	12,1	12,9	- - -	11,1	12,1	12,9

Isı	< 100 °	100 °	200 °	300 °	< 100 °	100 °	200 °	300 °
Malzeme	8.8	8.8	8.8	8.8	10.9	10.9	10.9	10.9
Normal ısı	20 °	20 °	20 °	20 °	20 °	20 °	20 °	20 °
R _m MPa	800	800	800	800	1000	1000	1000	1000
R _e MPa	640	640	640	640	900	900	900	900
E MPa	210000	210000	210000	210000	210000	210000	210000	210000
İşletme ısısı	20 °	100 °	200 °	2300 °	20 °	100 °	200 °	300 °
R _{mış} MPa	800	810	820	750	1000	1010	1020	970
R _{eış} MPa	640	590	540	480	900	875	790	705
E _{ış} MPa	210000	207000	200000	193000	210000	207000	200000	193000
α 1/K 10 ⁻⁶	- - -	11,1	12,1	12,9	- - -	11,1	12,1	12,9

Isı	< 100 °	100 °	200 °	300 °
Malzeme	12.9	12.9	12.9	12.9
Normal ısı	20 °	20 °	20 °	20 °
R _m MPa	1200	1200	1200	1200
R _e MPa	1080	1080	1080	1080
E MPa	210000	210000	210000	210000
İşletme ısısı	100 °	100 °	200 °	300 °
R _{mış} MPa	1200	1190	1180	1120
R _{eış} MPa	1080	1020	925	825
E _{ış} MPa	210000	207000	200000	193000
α 1/K 10 ⁻⁶	- - -	11,1	12,1	12,9

Isı	100 °	200 °	
8.8	σ _{DEĞ} *)1	670	610
	σ _{DEĞ} *)2	820	750
10.9	σ _{DEĞ} *)1	990	900
	σ _{DEĞ} *)2	1220	1100
12.9	σ _{DEĞ} *)1	1160	1050
	σ _{DEĞ} *)2	1420	1290

Enine kaymada:

*)1 κ = 0 için

*)2 κ ≥ +0,5 için

Tablo 21, Standart civataların devamlı mukavemet değerleri σ_G

vida	Devamlı mukavemet değerleri σ _G		
	4.6 ve 5.6	islahlı 8.8 ... 12.9	ovalamalı 10.9 ve 12.9
< M8	50	60	100
M 8 ... M12	40	50	90
M14 ... M20	35	40	70
> M20	35	35	60

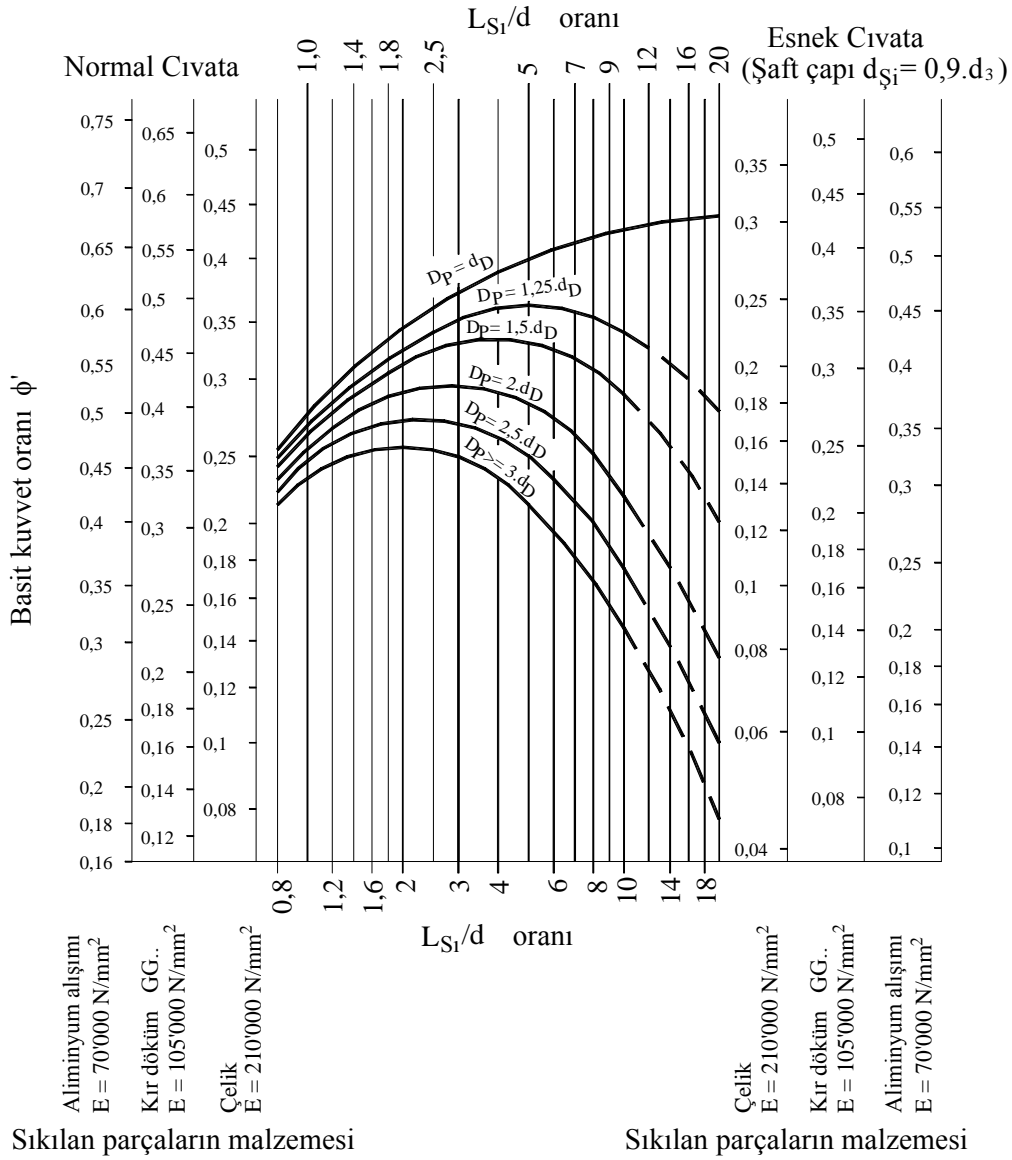
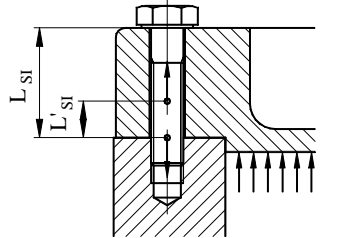
Tablo 22, Oturma değeri f_{0t} μm olarak

Yüzey pürüzlülük değeri, R_z μ m olarak	Boyuna yükleme			Enine yükleme		
	$R_z < 10$	$10 < R_z < 40$	$40 < R_z < 160$	$R_z < 10$	$10 < R_z < 40$	$40 < R_z < 160$
Vida yüzeyi	3	3	3	3	3	3
f_{Ot} Tek tek Cıvata başı / somun için	2,5	3	4	3	4,5	6,5
Parça arası	1,5	2	3	2	2,5	3,5

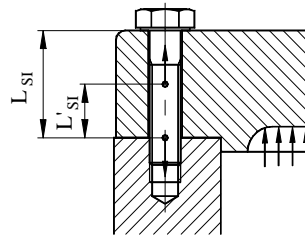
Tablo 23, Bağlantıda yüzey basıncı sınır değerleri p_s

Malzeme	Malzeme Nr.:	Kopma muka- vemeti MPa R_m	Akma muka- vemeti MPa R_e	Elastiklik modülü MPa E_{din}	sınır yüzey basıncı değeri MPa p_s
USt37-2 (USt38-2)	1.0036	340	230	210'000	490
St50-2 (Cq22)	1.0050	470	290	210'000	710
Cq45 (C45)	1.1192	700	500	210'000	630
42CrMo4 (34Cr4 , 34CrMo4)	1.7225	1100	900	210'000	850
30CrNiMo8	1.6580	1250	1050	210'000	720
X6 CrNiTi 18 10	1.4541	500	200	196'000	210
X5 NiCrTi 26 15	1.4980	880	590	200'00	850
Ti-6Al-4V	3.7165.10	890	820	110'000	890
GG 20		200	---	105'000	900
GGG 40	0.7040	400	250	167'000	700
GGG 50	0.7050	500	320	167'000	900
GGG 60	0.7060	600	380	167'000	1'000
G-Al-Leg , GK-AlSi9Cu3	3.2315.02	180	110	75'000	220
AlMg4,5Mn F27	3.3547.08	260	110	75'000	230
Al99		160	160		140

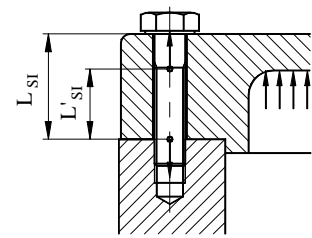
Bu değerler 20 derece çevre ısı için geçerlidir. Daha yüksek ısıda veya burada verilmemiş malzemeler için p_s değeri R_m veya $R_{p0,2}$ değerlerine göre orantılı alınmasını öneririm. Standart cıvata ve somunların max. yüklenmelerine göre emniyetli konstruksiyonları yapıldıkları için yalnız sıkıştırılan malzemelerin yüzey basınçları kontrol edilir.

Tablo 24, Cıvatabaşı ile somun basma yüzeyleri arasında basitleştirilmiş kuvvet orantısı Φ_k Tablo 25, Kuvvet dağılım faktörü n 

$$n = L'_{SI} / L_{SI} = 0,3$$



$$n = L'_{SI} / L_{SI} = 0,5$$



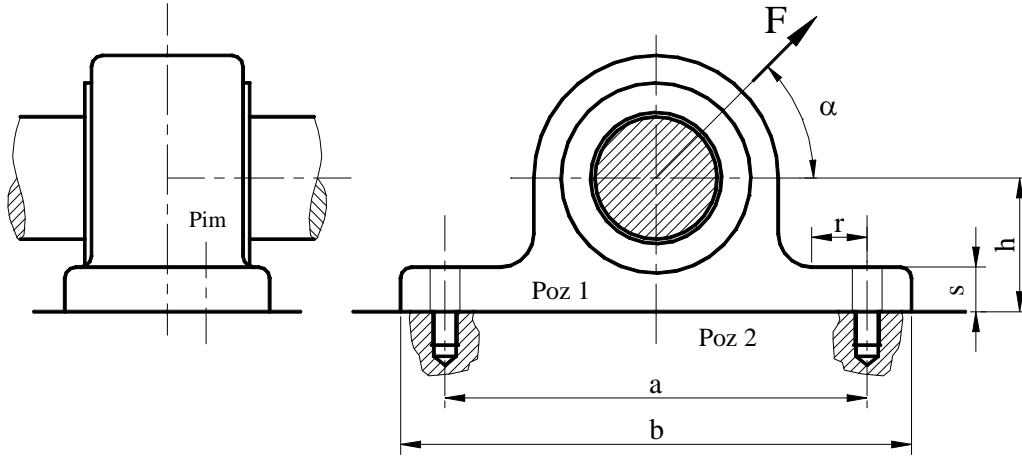
$$n = L'_{SI} / L_{SI} = 0,7$$

2 Örnekler

2.1 Örnek 1, Eksen dışı yük ve moment etkisindeki rulman flanşı bağlantısı

Aşağıda gösterilen komple rulman flanşının cıvata bağlantısı (Şekil 1) konstruksiyon esaslarına göre ölçülendirilmelidir. Poz 1 ve Poz 2 nin malzemesi GGG40 dir. Cıvatanın boyutları belirlendikten sonra cıvata konstruksiyonunun gevşemeden fonksiyonunu gösterebilmesi için bir konstruksiyon taslağı çizilmelidir.

- Cıvata satın alınma durumunda, yani hafif yağlı olarak ve montajın moment ayarlı tork anahtarı ile elle yapılacağı kabul edilmelidir.
- Cıvatanın malzemesi: 6 Köşe - Cıvata DIN 931 - 8.8, islah edilmiş, ham



Şekil 1, Komple rulman flanşı

Bilinen ön değerler:

Kuvvet, statik zorlama	$F_{\max} = 9 \text{ kN}$
Flanş boyu	$b = 230 \text{ mm}$
Kuvvetin konstruksiyonun ağırlık merkezinden uzaklığı	$h = 60 \text{ mm}$
Flanş kalınlığı	$s = 10 \text{ mm}$
Yarı çapa kadar mesafe	$r = 25 \text{ mm}$
Kuvvetin X-Ekseni ile olan açısı	$\alpha = 45^\circ$
Cıvatalar ara mesafesi	$a = 190 \text{ mm}$
Bir cıvata için gerekli sıkma kuvveti	$F_{\text{SİGER}} = 1 \text{ kN}$

Bağlantı: Eksenden sıkıştırmalı, eksen dışı zorlamalı bağlantı

2.1.1 Çözüm

İlk yapılacak işlem; bütün dış kuvvetleri konstruksiyonun ağırlık merkezine getirip, bir cıvata etkileyen max. işletme kuvvetini bulmaktır.

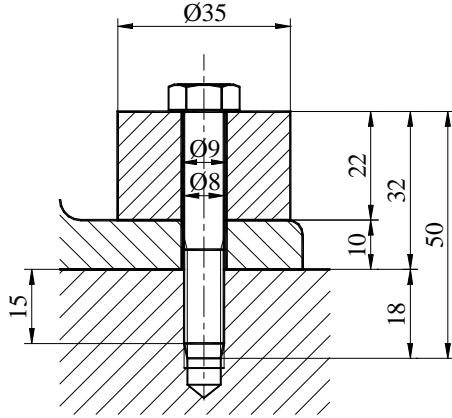
Cıvata konstruksiyonunda sıra adedi	$z_{C1} = 1$
Cıvata adedi	$n_{C1} = 2$
Cıvatanın kenara mesafesi	$e = 0,5 \cdot (b - a)$
X-Yönündeki kuvvet	$F_x = F_{\max} \cdot \cos \alpha$
	$e = 20 \text{ mm}$
	$F_x = 6364 \text{ N}$

Y-Yönündeki kuvvet	$F_y = F_{\max} \cdot \sin \alpha$	$F_y = 6364 \text{ N}$
Bir cıvata'yı F_y ile etkileyen boyuna işletme kuvveti	$F_{Fy} = F_y / n_{Ci}$	$F_{Fy} = 3182 \text{ N}$
Momentin dönme noktası	$D = 0,25 \cdot b$	$D = 57,5 \text{ mm}$
Cıvataların " D " noktasına olan mesafeleri	$L_1 = b - D - e$	$L_1 = 152,5 \text{ mm}$
Dönme noktasında eğilme momenti	$M_{eğ} = F_x \cdot h$	$M_{eğ} = 381'838 \text{ Nmm}$
Bir cıvata'yı $M_{eğ}$ ile etkileyen boyuna işletme kuvveti	$F_{eğ} = \frac{M_{eğ}}{z_{Ci}} \cdot \frac{L_1}{L_1^2}$	$F_{eğ} = 2'504 \text{ N}$
Bir cıvata'yı etkileyen toplam işletme kuvveti. Zorlama: Statik ve eksen dışı	$F_{i\text{Şmax}} = F_{Fy} + F_{eğ}$	<u>$F_{i\text{Şmax}} = 5'686 \text{ N}$</u>

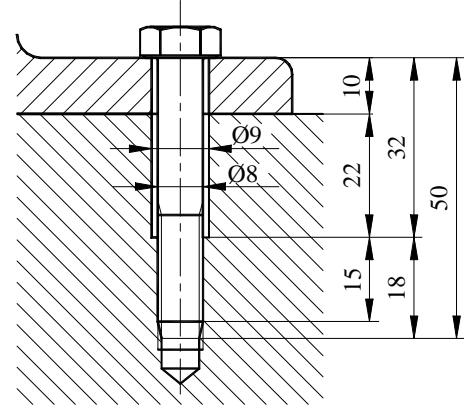
Böylece cıvata hesabı için gerekli olan bir cıvata'yı etkileyen toplam işletme kuvveti bulunur. Bundan sonra konstruksiyonun durumuna göre ve bağlantının kullanılacağı yerdeki etkenliği ve kullanılacak cıvata adedine göre hesaplar yapılır.

2.1.2 Cıvatanın seçimi

İşletmede max. kuvvet $F_{i\text{Şmax}} = 5'7 \text{ kN}$, statik zorlama, cıvata kalitesi 8.8, Tablo 14 ile \Rightarrow **M8**, cıvata konstruksiyonunun gevşemeden fonksiyonunu gösterebilmesi için $L_{SI} = 4 \cdot d = 4 \cdot 8 = 32 \text{ mm}$, falanş kalınlığı 10 mm, demek ki ya en az 22 mm boyunda, 35 mm çapında ek bir parça kullanılmalı veya kör somunda 25 mm derinliğinde geçer delik yapılmalıdır.



Şekil 2, Ek parçalı konstruksiyon



Şekil 3, Kör somunlu konstruksiyon

Bu bağlantının işletmede çözülmesi veya kopması halinde çok büyük zarar olmayacaksa (insan hayatının tehlikede olması veya çok büyük maddi zararlar gibi) ve konstrüktör bu cıvata'yı kullanmakta bir tehlike görmüyorsa, M8 cıvatası yalnız kaba hesaplama ile kontrol edilir ve kullanılır. Eğer konstrüktörün içi rahat değilse, bağlantının hassas kontrolünün yapılması gereklidir.

Tablo 15 ile **6-Köşe Cıvata M8-50/22 - 8.8**,
tanımlamaya göre; ISO 68 ; DIN 13 T1 veya TS61/3

2.1.3 Bağlantının kaba kontrolü

İşletmedeki max. kuvvet $F_{i\text{Şmax}} = 5'686 \text{ N}$, dinamik zorlama ve cıvata kalitesi 8.8

Kabaca dinamik devamlı mukavemet kontrolü:

Tablo 15 ile	$L_{S1} = 4 \cdot d$, $D_P \approx 2 \cdot d_D$ ve döküm parçalar için	$\phi' = 0,4$
Kuvvet dağılım faktörü	Res. 3.10 dan	$n = 0,5$
Kuvvet oranı	$\phi = \phi' \cdot n = 0,4 \cdot 0,5$	$\phi = 0,2$
Gerilim kesiti	Tablo 2 ile	$A_{GEM8} \approx 36,6 \text{ mm}^2$
Diş dibi kesit alanı	Tablo 2 ile	$A_{3M8} \approx 32,8 \text{ mm}^2$
Emniyetli taşıma kuvveti	$F_{EM} = 0,1 \cdot R_{p02} \cdot A_{GEM8} = 0,1 \cdot 640 \cdot 36,6$	$F_{EM} = 2'342 \text{ N}$
Cıvatayı etkileyen ek kuvvet	$F_{Ekmax} = \phi \cdot F_{i\text{şmax}} = 0,2 \cdot 5'686$	$F_{Ekmax} = 1'137 \text{ N}$

$F_{EM} = 2'342 \text{ N} > F_{Ekmax} = 1'137 \text{ N}$ Cıvata kullanılır.

Genlik mukavemet değeri statik zorlama olduğundan yoktur.

Montajda sıkma momenti,	Tablo 16 ile	$M_{S1max} = 24 \text{ Nm}$
Sıkma moment, faktörü,	Tablo 18 ile	$\alpha_{S1} = 1,6$
Montajda min. sıkma momenti,	M_{S1max} / α_{S1}	$M_{S1min} = 15 \text{ Nm}$

Tork anartarıyla elle sıkma momenti
Bu değer Tablo 17 ile bulunur.

$$M_{S1} = 20 \pm 4 \text{ Nm}$$

2.1.4 Bağlantının detaylı kontrolü

2.1.4.1 İşletme değerleri

İşletmedeki boyuna kuvvet
Temas yüzeyleri sürtünme katsayısı
Gerekli sıkıştırma kuvveti

$$F_{i\text{şmax}} = 5'686 \text{ N}$$

$$\mu_{Sü} = 0,2$$

$$F_{Siger} = 1 \text{ kN}$$

2.1.4.2 Cıvatanın değerleri

Bak Tablo 20, 6-Köşe Cıvata M8-50/22 - 8.8

Cıvatanın malzeme kalitesi

8.8

Montaj veya çevre ısısı

$$T_M = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

Kopma mukavemet değeri

$$R_m = 800 \text{ MPa}$$

Akma mukavemet değeri

$$R_{p0,2} = 640 \text{ MPa}$$

Elastiklik modülü

$$E_{C1} = 210'000 \text{ MPa}$$

İşletme ve montaj ısısı eşit olduğundan hesaplar yalnız montaj değerleri ile yapılır.

2.1.5 Vida ve konstruksiyon değerleri

bak Tablo 2 ve Tablo 3

Anma çapı	6-Köşe Cıvata M8	$d = 8 \text{ mm}$
Adım veya hatve		$P_{C1} = 1,25 \text{ mm}$
Cıvatanın boyu		$L_{C1} = 50 \text{ mm}$
Vidanın boyu		$b = 22 \text{ mm}$
Toplam sıkılan boy		$L_{S1} = 32 \text{ mm}$
Bölüm dairesi çapı	$d_2 = d - 0,64952 \cdot P_{C1}$	$d_2 = 7,188 \text{ mm}$
Helis açısı $\varphi_P = P_{C1}/(\pi \cdot d_2)$	$\varphi_S = \text{atan } \varphi_P$	$\varphi_S = 3,168296^\circ$
Diş dibi çapı	$d_3 = d - 1,22687 \cdot P_{C1}$	$d_3 = 6,466 \text{ mm}$
Diş dibi kesitinin alanı	$A_3 = \pi \cdot d_3^2/4$	$A_3 = 32,8 \text{ mm}^2$
Anahtar ağızı		$s = 13 \text{ mm}$
Kafa altı dış çapı		$d_{KD} = 11,6 \text{ mm}$
Geçiş deliği		$d_G = 9 \text{ mm}$
Kafa altı iç çapı $d_{yKG} = 0$ alınır	$d_{KI} = d_G + 2 \cdot d_{yKG}$	$d_{KI} = 9 \text{ mm}$

Şaft çapı	$d_S = d$	$d_S = 8 \text{ mm}$
Şaft alanı	$A_S = \pi \cdot d^2 / 4$	$A_S = 50,27 \text{ mm}^2$
Anma alanı	$A_{AN} = A_S$	$A_{AN} = 50,27 \text{ mm}^2$
Vidasız şaft boyu	$L_S = L_{C1} - b$	$L_S = 28 \text{ mm}$
Vidalı şaft boyu	$L_V = L_{S1} - L_S$	$L_V = 4 \text{ mm}$
Gerilim çapı	$d_{GE} = (d_2 + d_3) / 2$	$d_{GE} = 6,827 \text{ mm}$
Gerilme kesiti alanı	$A_{GE} = \pi \cdot d_{GE}^2 / 4$	$A_{GE} = 36,6 \text{ mm}^2$
Torsiyon karşı koyma momenti	$W_t = \pi \cdot d_3^3 / 16$	$W_t = 53 \text{ mm}^3$

2.1.6 Bağlanan parçaların değerleri

Bak Tablo 23

	1. Parça	2. Parça
Malzeme	GGG 40	GGG 40
Kalınlık	$L_{S1KP1} = 22 \text{ mm}$	$L_{S1KP2} = 10 \text{ mm}$
Elastiklik modülü	$E_{P1} = 167 \text{ 000 MPa}$	$E_{P2} = 167 \text{ 000 MPa}$

2.1.7 Montaj ve işletmede yüzey basıncı sınır değeri

Bak Tablo 23

Yüzey basıncı sınır değeri $T = 20^\circ\text{C}$ $P_S = 700 \text{ MPa}$

2.1.8 Sürtünme katsayıları ve açıları

bak Tablo 16

Vidada sürtünme katsayısı		$\mu_V = 0,12$
Vidanın sürtünme açısı	$\rho_V = \text{atan } \mu_V$	$\rho_V = 6,84277^\circ$
Kafada sürtünme katsayısı		$\mu_K = 0,12$
Kafada sürtünme açısı	$\rho_K = \text{atan } \mu_K$	$\rho_K = 6,84277^\circ$

2.1.9 Tork anahtarı ile sıkma momenti faktörü “ α_{S1} ”

Bak Tablo 18 Tork anahtarı ile sıkma

$\alpha_{S1} = 1,6$

2.1.10 Sıkıştırma momenti

max. Sıkıştırma momenti, bak Tablo 16, M 8

$M_{S1 \text{ max}} = 24,0 \text{ Nm}$

min. Sıkıştırma momenti, bak $M_{S1 \text{ min}} = M_{S1 \text{ max}} / \alpha_{S1}$

$M_{S1 \text{ min}} = 15,0 \text{ Nm}$

Tork anahtarı için ayarlanacak sıkıştırma momenti “ M_A ”

$M_A = 19,5 \text{ Nm}$

$M_A = (M_{S1 \text{ max}} + M_{S1 \text{ min}}) / 2 =$

Moment sapması “ ΔM_A ” $\Delta M_A = (M_{S1 \text{ max}} - M_A)$

$\Delta M_A = \pm 4,5 \text{ Nm}$

Sıkıştırma momentinin büyüklüğü

$M_{S1} = 19,5 \pm 4,5 \text{ Nm}$

Eğer tork anahtarı ayarlama momentini vermek gerekirse:

$$M_{Ay} = 0,9 \cdot M_{S1 \text{ max}} = 0,9 \cdot 24 = 21$$

$$M_{Ay} = 21 \text{ Nm}$$

Burada verilen 21 Nm tork anahtarının ayarlanacağı değerdir. Bu değer seçimi genelde montajda çalışanlara bırakılır.

Konstruksiyona göre $a = 0,018 \text{ mm}$ dir. Burada bağlantı: Eksenden sıkıştırmalı, eksenden zorlamalı bağlantı olarak kabul edilir ve hesaplara ek eğilme etkisi yokmuş gibi devam edilir.

2.1.11 Cıvatanın montajda elastik esnekliği:

Cıvata kafasının esnekliği	$\delta_K = \frac{0,4 \cdot d}{E_C \cdot A_{AN}}$	$\delta_K = 0,303 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$
Vidasız şaftın esnekliği	$\delta_\zeta = \frac{L_\zeta}{E_C \cdot A_{AN}}$	$\delta_\zeta = 2,653 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$
Vidalı şaftın esnekliği	$\delta_V = \frac{L_V}{E_C \cdot A_3}$	$\delta_V = 0,58 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$
Somundaki vidanın esnekliği	$\delta_{VS} = \frac{0,5 \cdot d}{E_{Ci} \cdot A_3}$	$\delta_{So} = 0,58 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$
Somunun esnekliği	$\delta_{So} = \frac{0,33 \cdot d}{E_{P1} \cdot A_{AN}}$	$\delta_V = 0,314 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$
Montajda cıvatanın elastik esnekliği	$\delta_C = \delta_K + \delta_\zeta + \delta_V + \delta_{VS} + \delta_{So}$	$\delta_C = 4,430 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$

2.1.12 Sıkılan parçaların montaj ve işletmede elastik esnekliği δ_P :

Sıkılan parçaların esnekliğine eşdeğer kaval silindirin kesit alanı

$$\text{Konstruksiyonda } D_{DPhe} \quad D_{DPhe} = d_D + \tan \varphi \cdot L_{S1} \quad D_{DPhe} = 30,1 \text{ mm}$$

Burada konstruksiyonda kısıtlama olmadığından D_{DP} aynen alınır. $D_{DP} = 30,1 \text{ mm}$

$$d_D = 13 \text{ mm} < D_{DPhe} = 30 \text{ mm} < d_D + L_{S1} = 45 \text{ mm}, \quad x = 3 \sqrt{\frac{L_{S1} \cdot d_D}{D_P^2}} \quad x = 0,7427$$

Eşdeğer kaval silindirin kesit alanı, bak

$$A_{E\zeta} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_D^2 - d_G^2) + \frac{\pi}{8} \cdot d_D \cdot (D_P - d_D) \cdot [(x+1)^2 - 1] \quad A_{E\zeta} = 213,7 \text{ mm}^2$$

$$1. \text{ Parçanın esnekliği} \quad \delta_{P1} = \frac{L_{k1}}{A_{E\zeta} \cdot E_{P1}} \quad \delta_{P1} = 0,616 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

$$2. \text{ Parçanın esnekliği} \quad \delta_{P2} = \frac{L_{k1}}{A_{E\zeta} \cdot E_{P2}} \quad \delta_{P2} = 0,280 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

$$\text{Montajda parçaların elastik esnekliği} \quad \delta_P = \delta_{P1} + \delta_{P2} \quad \delta_P = 0,8965 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

2.1.13 Montaj ve işletmede kuvvet dağılım faktörü “n”

Bak Tablo 25

$$n = 0,5$$

2.1.14 Kuvvet oranı “ ϕ ”

$$\phi' = \frac{\delta_P}{\delta_C + \delta_P} \quad \phi' = 0,1683038$$

$$\phi = \phi' \cdot n \quad \phi = 0,0841519$$

2.1.15 Oturmadan dolayı kaybedilen ön germe kuvveti F_{Ot} ,

Bak Tablo 22	Vida yüzeyi	$Rz \approx 16 \mu\text{m}$	$f_{Ot1} = 0,003 \text{ mm}$
	Cıvata başı / Somun temas yüzeyi	$Rz \approx 16 \mu\text{m}$	$f_{Ot2} = 0,006 \text{ mm}$
	Parçalar arası 1 yüzey	$Rz \approx 16 \mu\text{m}$	$f_{Ot2} = 0,002 \text{ mm}$
	$f_{Ot} = f_{Ot1} + f_{Ot2} + f_{Ot3}$		$f_{Ot} = 0,011 \text{ mm}$
	$F_{Ot} = \frac{f_{Ot}}{\delta_{Ci} + \delta_P}$		$F_{Ot} = 2,07 \cdot 10^3 \text{ N}$

2.1.16 İşletme kuvvetinin dağılımı

$$\text{Cıvata da ek kuvvet "F}_{Ek} \quad F_{Ek \max} = F_{Iş \max} \cdot \phi_{Iş} \quad F_{Ek \max} = 480 \text{ N}$$

$$\text{Parçaların aldığı kuvvet "F}_{PA} \quad F_{PA \max} = F_{Iş \max} - F_{Ek \max} = F_{Iş \max} \cdot (1 - \phi) \quad F_{PA \max} = 5206 \text{ N}$$

2.1.17 Montajdaki ön germe kuvveti

$$\text{Bak Tablo 16} \quad F_{önM} = 17,2 \text{ kN}$$

2.1.18 İşletmedeki ön germe kuvveti "F_{ön}"

$$F_{ön \max} = F_{önM} - F_{Ot} \quad F_{ön \max} = 15,1 \text{ kN}$$

$$F_{ön \min} = \frac{F_{önM}}{\alpha_{S1}} - F_{Ot} \quad F_{ön \min} = 8,7 \text{ kN}$$

Cıvata yı zorlayan max. kuvvet "F_{ön}"

$$F_{Ctop} = F_{ön \max} + F_{Ek \max} \quad F_{Ctop} = 16,6 \text{ kN}$$

İşletmedeki en küçük sıkıştırma kuvveti "F_{S1min}"

$$F_{S1 \min} = F_{ön \min} - F_{PA \max} \quad F_{S1 \min} = 3,5 \text{ kN}$$

2.1.19 Mukavemet değerlerinin kontrolü

2.1.19.1 Montajdaki değerler

Vidadaki sürtünme momenti

$$M_{Vi} = 0,5 \cdot F_{çe} \cdot d_2 = F_{önM} \cdot d_2 / 2 \cdot \tan(\varphi \pm \rho') \quad M_{Vi} = 10,91 \text{ Nm}$$

Montaj ve işletmede vidadaki torsiyon gerilimi "τ_t"

$$\tau_t = \frac{M_{Vi}}{W_t} \quad \tau_t = 206 \text{ MPa}$$

Cıvatanın montajdaki çekme gerilimi "σ_{çM}"

$$\sigma_{çM} = \frac{F_{önM}}{A_{GE}} \quad \sigma_{çM} = 470 \text{ MPa}$$

Montajda bileşik gerilim "σ_{BiM}"

$$\sigma_{BiM} = \sqrt{\sigma_{çM}^2 + 3 \cdot \tau_t^2} \quad \sigma_{BiM} = 589 \text{ MPa}$$

Basma yüzey alanı "A_b"

$$A_b = 0,25 \cdot \pi \cdot (d_D^2 - d_G^2) \quad A_b = 42,1 \text{ mm}^2$$

Montajda temas yüzeyi basıncı

$$p_M = F_{önM} / A_b \quad p_M = 409 \text{ MPa}$$

2.1.19.2 İşletmedeki değerler

İşletmede bileşik gerilim

$$\text{Cıvatanın işletmedeki çekme gerilimi "σ}_{ç} \quad \sigma_{ç} = \frac{F_{Ci \max}}{A_{GE}} \quad \sigma_{ç} = 426 \text{ MPa}$$

İşletmede bileşik gerilim "σ_{Bi}"

$$\sigma_{Bi} = \sqrt{\sigma_{ç}^2 + 3 \cdot \tau_t^2} \quad \sigma_{Bi} = 555 \text{ MPa}$$

İşletmede temas yüzeyleri basma gerilimi

$$\text{İşletmede temas yüzey basıncı} \quad p_{Iş} = F_{Ctop} / A_b \quad p_{Iş} = 371 \text{ MPa}$$

Genlik gerilimi

Zorlama statik olduğundan işletmede genlik gerilimi yoktur.

İşletmedeki en küçük sıkıştırma kuvveti “ $F_{S1\min}$ ”

$$F_{S1\min} = F_{\text{ön min}} - F_{PA\max}$$

$$F_{S1\min} = 3'474 \text{ N}$$

2.1.20 Emniyet katsayıları**Montajdaki değerler:**

Montajda akma mukavemeti emniyeti	$S_{AM} = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{biM}}$	$S_{AM} = 1,09$
-----------------------------------	------------------------------------------	-----------------

Montajda temas yüzeyleri basıncı emniyeti	$S_{ApM} = \frac{P_{S11}}{P_M}$	$S_{ApM} = 1,71$
-------------------------------------------	---------------------------------	------------------

İşletmedeki değerler:

İşletmede akma mukavemeti emniyeti	$S_{Aiş} = \frac{R_{p0,2İş}}{\sigma_{biİş}}$	$S_{Aiş} = 1,15$
------------------------------------	----------------------------------------------	------------------

İşletmede temas yüzeyleri basıncı emniyeti	$S_{piş} = \frac{P_{S1}}{P_{iş}}$	$S_{piş} = 1,89$
--------------------------------------------	-----------------------------------	------------------

Sıkıştırma kuvvetinin durumu	$S_{S1} = \frac{F_{S1\min}}{F_{S1-GER}}$	$S_{S1} = 3,47$
------------------------------	------------------------------------------	-----------------

Burada bütün orantı değerleri 1 den büyük oldukları için, hesapsal olarak, konstruksiyonun işletmede sağlıklı çalışacağı söylenebilir.

Kontruksiyon, imalat ve montaj için cıvata bağlantısında bilinmesi gereken değerler:

Cıvata: 6-Köşe Cıvata M8-50/22 - 8.8 İmalattan sonra islah edilmiş.

Sıkma metodu: Tork anahtarı ile torsiyon moment kontrollü sıkma.
Cıvata satın alındığı gibi yağlanmadan kullanılacak.

Sıkma momenti: $M_{S1} = 20 \pm 4 \text{ Nm}$
Bak Tablo 17

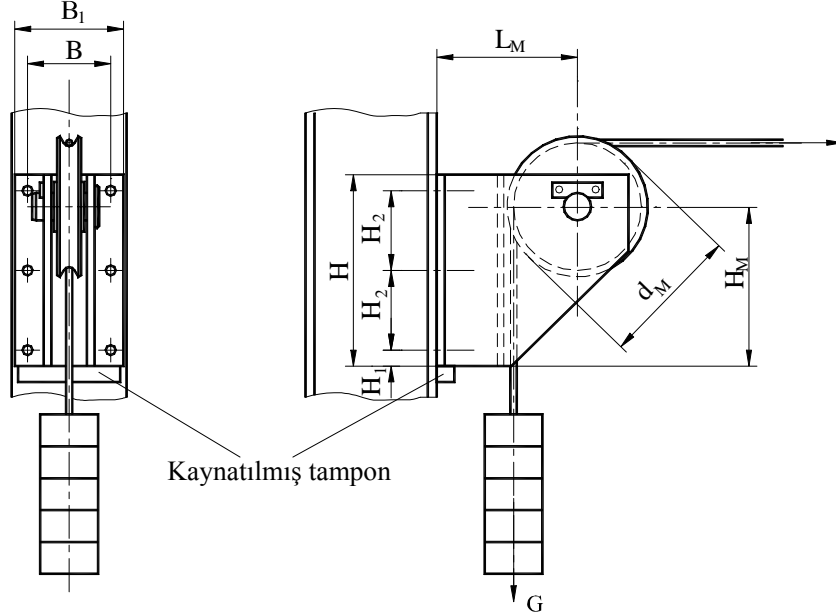
Ek konstruksiyon: Ortası 9 mm delinmiş, 35 mm çapında ve 22 mm boyunda ek parça bak Şekil 2.

2.2 Örnek 2, Eksen dışı yük ve moment etkisindeki konsol bağlantısı

Aşağıda gösterilen konsol cıvata bağlantısı (Şekil 4) konstruksiyon esaslarına göre ölçülendirilmelidir. Bağlantı parçalarının malzemesi St 52 dir. Cıvatanın boyutları belirlendikten sonra konstruksiyonunun gevşemeden fonksiyonunu gösterebilmesi için bir taslak çizilmelidir. Cıvatalara gelecek enine yükü kaynatılmış tampon karşılayacaktır.

- Cıvata satın alınma durumunda, yani hafif yağlı olarak ve montajın moment ayarlı tork anahtarı ile elle yapılacağı kabul edilmelidir.

Cıvatanın malzemesi: 6 adet 6-Köşe - Cıvata DIN 931 - 8.8, islah edilmiş, ham



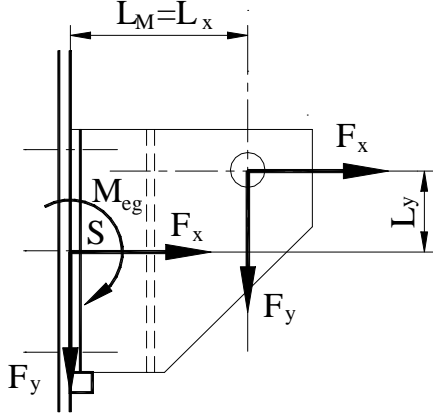
Şekil 4, Germe ağırlığı makara konsol bağlantısı

Bilinen ön değerler:

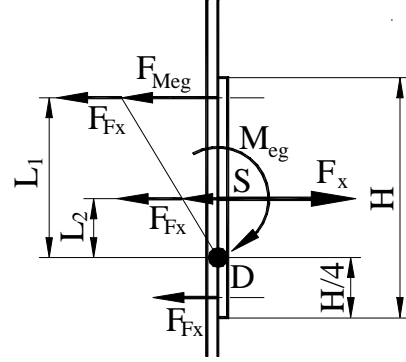
Germe parçasının ağırlığı	$m_G = 2000 \text{ kg}$
Cıvataların yatay uzaklığı	$B = 130 \text{ mm}$
Cıvataların dikey uzaklığı	$H_2 = 125 \text{ mm}$
Cıvataların dikey kenar uzaklığı	$H_1 = 25 \text{ mm}$
Konsolun plakasının eni	$B_1 = 180 \text{ mm}$
Konsol plakasının yüksekliği	$H = 300 \text{ mm}$
Cıvata sayısı	$n_{C1} = 6$
Cıvata sırası	$z_{C1} = 2$
Makara çapı	$d_M = 200 \text{ mm}$
Makara merkezinin kolona uzaklığı	$L_M = 220 \text{ mm}$
Makara merkezinin konsol altına uzaklığı	$H_M = 250 \text{ mm}$
Kolon IPE 450(USt37-2)	$s_{IPE} = 14,6 \text{ mm}$
Konsol plaka kalınlığı (USt37-2)	$s_P = 15 \text{ mm}$

2.2.1 Çözüm

İlk yapılacak işlem bir cıvataı etkileyen max. işletme kuvvetini bulmaktır. Kuvvetler cıvata konstruksiyonunun ağırlık merkez noktası "S" e (Şekil 5) getirildikten sonra bir cıvataı etkileyen işletme kuvveti bulunur (Şekil 6).



Şekil 5, Kuvvetlerin S'e getirilmesi



Şekil 6, Bir cıvataındaki kuvvet

Germe kuvveti

$$F_x = m_G \cdot g \quad \text{ve} \quad F_y = F_x$$

$$F_x = 19'613 \text{ N}$$

$$F_y = 19'613 \text{ N}$$

$$F_y \text{ kuvveti için kuvvet kolu} \quad L_x = L_M$$

$$L_x = 220 \text{ mm}$$

$$F_x \text{ kuvveti için kuvvet kolu} \quad L_y = H_M - H_1 - H_2$$

$$L_y = 100 \text{ mm}$$

Konstruksiyonun ağırlık merkezindeki eğilme momenti

$$M_{eg} = F_x \cdot L_y + F_y \cdot L_x$$

$$M_{eg} = 6'276 \text{ Nm}$$

$$\text{Cıvataların S den uzaklıkları} \quad L_1 = 2 \cdot H_2 + H_1 - H/4$$

$$L_1 = 200 \text{ mm}$$

$$L_2 = H_2 + H_1 - H/4$$

$$L_2 = 75 \text{ mm}$$

Momenten doğan çekme kuvveti

$$F_{\check{c}Meg} = \frac{M_{eg}}{z} \cdot \frac{L_1}{L_1^2 + L_2^2} \quad F_{\check{c}Meg \text{ max}} = F_{Meg1}$$

$$F_{Meg1} = 13'756 \text{ N}$$

Yatay kuvvet F_y tampon alır ve F_x kuvvetinden

$$F_{FX} = F_x / n_{Ci}$$

$$F_{FX} = 2'125 \text{ N}$$

Bir cıvataı etkileyen max. işletme kuvveti " $F_{i\check{s}max}$ "

$$F_{i\check{s}max} = F_{Meg1} + F_{FX} \quad \text{Zorlama: Statik ve eksen dışı}$$

$$F_{i\check{s}max} = 17'025 \text{ N}$$

2.2.2 Cıvatanın seçimi

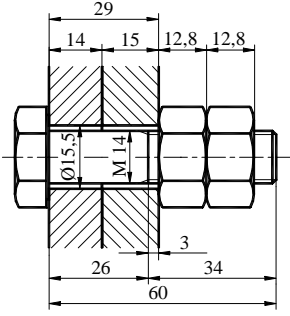
İşletmedeki max. kuvvet $F_{i\check{s}max} = 17 \text{ kN}$, statik zorlama, **16 – 20 kN** ve cıvata kalitesi 8.8

Cıvatanın boyutları : Tablo 2.13 den, M14

6-Köşe Cıvata M14-60/34 - 8.8

Statik zorlama olduğundan konstruksiyonunun gevşememesi için önlem almak gerekmez. Çift somunla, yani kontra somunla emniyetli bağlantı sağlanır.

2.2.3 Bağlantının hassas kontrolü



Şekil 7, Bağlantı detayı

6-Köşe Cıvata M14-60/34 - 8.8

İşletme kuvveti
statik
Temas yüzeyleri sürtünme katsayısı
Gerekli sıkıştırma
Malzeme kalitesi
Montaj ve çevre ısısı
Kopma mukavemeti
Akma mukavemeti
Elastiklik modülü

$F_{İ\text{Şmax}} = 17'025 \text{ N}$
 $F_{İ\text{Şmin}} = F_{İ\text{Şmax}}$
 $\mu_{Sü} = 0,2$
 $F_{Siger} = 1 \text{ kN}$
8.8
 $T_M = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
 $R_m = 800 \text{ MPa}$
 $R_{p0,2} = 640 \text{ MPa}$
 $E_{C1} = 210'000 \text{ MPa}$

Burada hesaplar örnek 2.1 deki gibi yapılır ve şu sonuçlar elde edilir:

2.2.4 Mukavemet değerlerinin kontrolü

Montajdaki gerilimler:

Vidadaki sürtünme momenti

$$M_{Vi} = F_{önM} \cdot d_2/2 \cdot \tan(\varphi \pm \rho')$$

$$M_{Vi} = \text{Nm}$$

Montaj ve işletmede vidadaki torsiyon gerilimi “ τ_t ”

$$\tau_t = \frac{M_{Vi}}{W_t}$$

$$\tau_t = \text{MPa}$$

Cıvatanın montajdaki çekme gerilimi “ $\sigma_{çM}$ ”

$$\sigma_{çM} = \frac{F_{önM}}{A_{GE}}$$

$$\sigma_{çM} = \text{MPa}$$

Montajda bileşik gerilim “ σ_{BiM} ”

$$\sigma_{BiM} = \sqrt{\sigma_{çM}^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$$

$$\sigma_{BiM} = 586 \text{ MPa}$$

Basma yüzey alanı “ A_b ”

$$A_b = 0,25 \cdot \pi \cdot (d_D^2 - d_G^2)$$

$$A_b = \text{mm}^2$$

Montajda temas yüzeyi basıncı

$$p_M = F_{önM} / A_b$$

$$p_M = 486 \text{ MPa}$$

Montajda yüzey basınç sınırı

$$\text{St } 37 \text{ } 20^\circ \quad \text{bak Tablo 23}$$

$$p_S = 490 \text{ MPa}$$

İşletmedeki gerilimler:

işletmedeki çekme gerilimi “ $\sigma_ç$ ”

$$\sigma_ç = \frac{F_{Ci \text{ max}}}{A_{GE}}$$

$$\sigma_ç = \text{MPa}$$

İşletmede bileşik gerilim “ σ_{Bi} ”

$$\sigma_{Bi} = \sqrt{\sigma_ç^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$$

$$\sigma_{Bi} = 558 \text{ MPa}$$

İşletmede temas yüzey basıncı

$$p_{İ\text{Ş}} = F_{Ctop} / A_b$$

$$p_{İ\text{Ş}} = 451 \text{ MPa}$$

İşletme yüzey basınç sınırı

$$\text{St } 37 \text{ } 20^\circ \quad \text{bak Tablo 23}$$

$$p_{Sİ\text{Ş}} = 490 \text{ MPa}$$

İşletmedeki en küçük sıkıştırma kuvveti “ F_{Smin} ”

$$F_{Smin} = F_{önmin} - F_{PA \text{ max}}$$

$$F_{Smin} = 13'332 \text{ N}$$

2.2.5 Emniyet katsayıları

Montajdaki değerler:

Montajda akma mukavemeti emniyeti

$$S_{AM} = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{biM}}$$

$$S_{AM} = 1,09$$

Montajda temas yüzeyleri basıncı emniyeti

$$S_{ApM} = \frac{p_{S1}}{p_M}$$

$$S_{ApM} = 1,01$$

İşletmedeki değerler:

İşletmede akma mukavemeti emniyeti	$S_{Aış} = \frac{R_{p0,2İş}}{\sigma_{biiş}}$	$S_{Aış} = 1,15$
İşletmede temas yüzeyleri basıncı emniyeti	$S_{piş} = \frac{P_{S1}}{P_{iş}}$	$S_{piş} = 1,09$
Sıkıştırma kuvvetinin durumu	$S_{S1} = \frac{F_{S1min}}{F_{S1-GER}}$	$S_{S1} = 13,33$

Burada bütün orantı değerleri 1 den büyük oldukları için, hesapsal olarak, konstruksiyonun işletmede sağlıklı çalışacağı söylenebilir.

Cıvata bağlantısında bilinmesi gereken değerler:

Moment etkili konsol bağlantılarında cıvataı etkileyen eğilme momenti cıvataı etkileyen kuvvet olarak hesaplandığından ve konstruksiyonun ağırlık merkezinde taşıyıcı cıvataların olmasından ötürü normalde ayrıca eğilme etkisi hesaplanmaz.

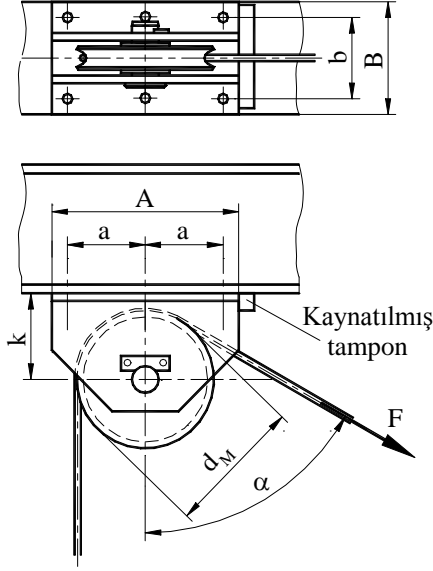
Cıvata: 6-Köşe Cıvata M14-60/34 - 8.8 İmalattan sonra islah edilmiş.

Sıkma metodu: Tork anahtarı ile torsiyon moment kontrollü sıkma.
Cıvata satın alındığı gibi yağlanmadan kullanılacak.

Sıkma momenti: $M_{S1} = 100 \pm 25$ Nm
Bak Tablo 17

2.3 Örnek 3, Eksen dışı yük ve moment etkisindeki makaralı travers konsol bağlantısı

Aşağıda gösterilen makaralı travers konsol bağlantısı (Şekil 8) konstruksiyon esaslarına göre ölçülendirilmelidir. Cıvatanın boyutları belirlendikten sonra konstruksiyonunun gevşemeden fonksiyonunu gösterebilmesi için bir taslak çizilmelidir. Cıvatalara gelecek enine yükü kaynatılmış tampon karşılayacaktır.



Şekil 8, Makaralı travers konsol bağlantısı

- Cıvata satın alınma duru-munda, yani hafif yağlı olarak kabul edilmelidir.
- Montajda cıvatanın moment ayarlı tork anahtarı ile sıkılacağı vede bu işlemin elle yapılacağı kabul edilme-lidir.
- Cıvatanın malzemesi:
6 adet 6-Köşe - Cıvata
DIN 931 - 8.8,
islah edilmiş, ham
olarak kabul edilmelidir.

Bilinen ön değerler:

Çekme kuvveti

$$F_{\max} = 50 \text{ kN}$$

$$F_{\min} = 1,5 \text{ kN}$$

Konsol plakasının boyu

$$A = 350 \text{ mm}$$

Konsolun plakasının eni

$$B = 200 \text{ mm}$$

Cıvataların boyuna uzaklığı

$$a = 150 \text{ mm}$$

Cıvataların enine uzaklığı

$$b = 150 \text{ mm}$$

Cıvata sayısı

$$n_{C1} = 6$$

Cıvata sırası

$$z_{C1} = 2$$

Makara çapı

$$d_M = 250 \text{ mm}$$

Makara merkezinin kolona uzaklığı

$$k = 200 \text{ mm}$$

Kolon IPE 450 , USt 37-2 , St 52 takviyeli

$$s_{iPB} = 14,6 \text{ mm}$$

St 52 – ϕ 50 – 20 rondela

$$t_{Ron} = 20 \text{ mm}$$

Konsol plaka, USt 37-2 , St 52 takviyeli

$$s_P = 15 \text{ mm}$$

St 52 – ϕ 50 – 20 rondela

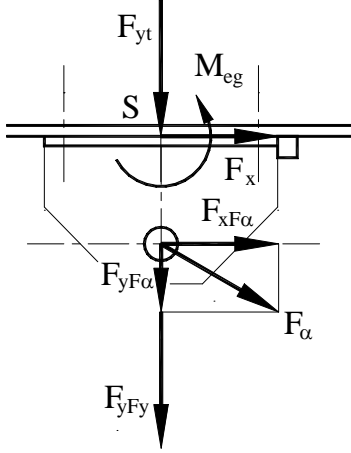
$$t_{Ron} = 20 \text{ mm}$$

Kuvvet etki açısı

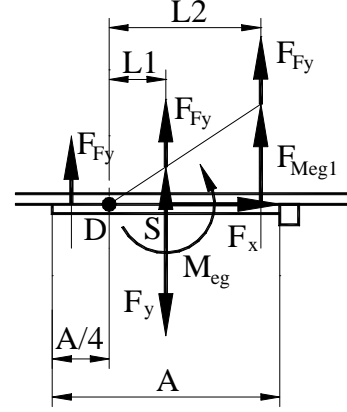
$$\alpha = 60^\circ$$

2.3.1 Çözüm

İlk yapılacak işlem bir cıvataı etkileyen max. işletme kuvvetini bulmaktır. Kuvvetler cıvata konstruksiyonunun ağırlık merkez noktası "S" e (Şekil 9) getirildikten sonra bir cıvataı etkileyen işletme kuvveti bulunur (Şekil 10).



Şekil 9, Kuvvetlerin S'ye getirilmesi



Şekil 10, Bir cıvataadaki kuvvet

x-Eksenindeki kuvvet	$F_x = F_{xF\alpha} = F_\alpha \cdot \cos \alpha$	$F_x = 12'749 \text{ N}$
y-Eksenindeki kuvvet	$F_y = F_{yFy} + F_{yF\alpha}$	$F_x = 93'300 \text{ N}$
	$F_{yFy} = F_{yt}$	$F_{yFy} = 50'000 \text{ N}$
	$F_{yF\alpha} = F_\alpha \cdot \sin \alpha$	$F_{yF\alpha} = 43'300 \text{ N}$
F_x kuvveti için kuvvet kolu	$L_y = k$	$L_y = 200 \text{ mm}$
Konstruksiyonun ağırlık merkezindeki eğilme momenti	$M_{eg} = F_x \cdot L_y$, F_y kuvveti ağırlık merkezinden geçiyor.	$M_{eg} = 5'000 \text{ Nm}$
Cıvataların S den uzaklıkları	$L_1 = 2 \cdot a - (A - 2a)/2 - A/4$	$L_1 = 237,5 \text{ mm}$
	$L_2 = L_1 - a$	$L_2 = 87,5 \text{ mm}$
Momenten doğan çekme kuvveti		
$F_{\zeta Meg} = \frac{M_{eg}}{z} \cdot \frac{L_1}{L_1^2 + L_2^2}$	$F_{\zeta Meg \max} = F_{Meg1}$	$F_{Meg1} = 9'268 \text{ N}$
Yatay kuvvet F_y tampon alır ve F_y kuvvetinden	$F_{Fy} = F_y / n_{Ci}$	$F_{Fy} = 8'333 \text{ N}$
Bir cıvataı etkileyen max. işletme kuvveti " $F_{i\zeta \max}$ "		$F_{i\zeta \max} = 17'600 \text{ N}$
$F_{i\zeta \max} = F_{Meg1} + F_{Fy}$	Zorlama: Dinamik ve eksen dışı	$F_{i\zeta \min} = 528 \text{ N}$

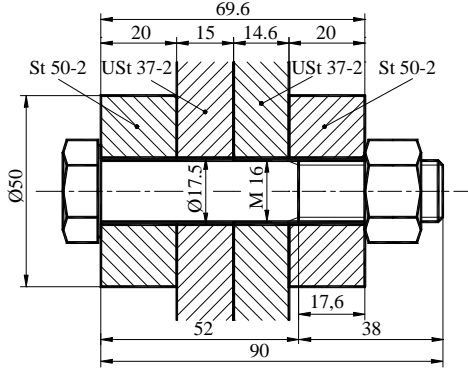
2.3.2 Cıvatanın seçimi

İşletmedeki max. kuvvet $F_{i\zeta \max} = 17,6 \text{ kN}$, dinamik zorlama, 16 – 20 kN arası ve cıvata kalitesi 8.8

Cıvata: bak Tablo 14 M16 ve Tablo 3 ile **6-Köşe Cıvata M16-90/38 - 8.8**

Dinamik zorlama $L_{S1} \geq 4 \cdot d = 64 < 69,6 \text{ mm}$ olduğundan konstruksiyon sihatli çalışacaktır. Ayrıca bir önlem almaya gerek yoktur.

2.3.3 Bağlantının hassas kontrolü



Şekil 11, Bağlantı detayı

6-Köşe Cıvata M16-90/38 - 8.8

İşletme kuvveti	$F_{i\text{Şmax}} = 17'600 \text{ N}$
statik	$F_{i\text{Şmin}} = 530 \text{ N}$
Temas yüzeyleri sürtünme katsayısı	$\mu_{\text{Sü}} = 0,2$
Gerekli sıkıştırma	$F_{\text{Siger}} = 1 \text{ kN}$
Malzeme kalitesi	8.8
Montaj ve çevre ısısı	$T_M = 20 \text{ °C}$
Kopma mukavemeti	$R_m = 800 \text{ MPa}$
Akma mukavemeti	$R_{p0,2} = 640 \text{ MPa}$
Elastiklik modülü	$E_C = 210'000 \text{ MPa}$

Burada hesaplar örnek 2.1 de ki gibi yapılır ve şu sonuçlar elde edilir:

2.3.4 Mukavemet değerlerinin kontrolü

Montajdaki gerilmeler:

Vidadaki sürtünme momenti

$$M_{Vi} = F_{\text{önM}} \cdot d_2/2 \cdot \tan(\varphi \pm \rho')$$

$$M_{Vi} = 91,1 \text{ Nm}$$

Montaj ve işletmede vidadaki torsiyon gerilimi " τ_t "

$$\tau_t = \frac{M_{Vi}}{W_t}$$

$$\tau_t = 187 \text{ MPa}$$

Cıvatanın montajdaki çekme gerilimi " $\sigma_{\text{çM}}$ "

$$\sigma_{\text{çM}} = \frac{F_{\text{önM}}}{A_{GE}}$$

$$\sigma_{\text{çM}} = 482 \text{ MPa}$$

Montajda bileşik gerilim " σ_{BiM} "

$$\sigma_{\text{BiM}} = \sqrt{\sigma_{\text{çM}}^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$$

$$\sigma_{\text{BiM}} = 580 \text{ MPa}$$

Basma yüzey alanı " A_b "

$$A_b = 0,25 \cdot \pi \cdot (d_D^2 - d_G^2)$$

$$A_b = 157,1 \text{ mm}^2$$

Montajda temas yüzeyi basıncı

$$p_M = F_{\text{önM}} / A_b$$

$$p_M = 481 \text{ MPa}$$

Montajda yüzey basınç sınırı

$$\text{St 50-2 } 20^\circ\text{C, Tablo 23}$$

$$P_S = 710 \text{ MPa}$$

İşletmedeki gerilmeler:

işletmedeki çekme gerilimi " $\sigma_{\text{ç}}$ "

$$\sigma_{\text{ç}} = \frac{F_{Ci \text{ max}}}{A_{GE}}$$

$$\sigma_{\text{ç}} = 448 \text{ MPa}$$

İşletmede bileşik gerilim " σ_{Bi} "

$$\sigma_{\text{Bi}} = \sqrt{\sigma_{\text{ç}}^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$$

$$\sigma_{\text{Bi}} = 552 \text{ MPa}$$

İşletmede temas yüzey basıncı

$$p_{i\text{Ş}} = F_{\text{Ctop}} / A_b$$

$$p_{i\text{Ş}} = 447 \text{ MPa}$$

İşletme yüzey basınç sınırı

$$\text{St 50-2 } 20^\circ\text{C, Tablo 23}$$

$$P_{Si\text{Ş}} = 710 \text{ MPa}$$

İşletmedeki genlik kuvveti " F_g "

$$F_g = \pm \frac{F_{i\text{Şü}} - F_{i\text{Şa}}}{2} \cdot \phi$$

$$F_g = 271 \text{ N}$$

Cıvatada genlik gerilimi " σ_g "

$$\sigma_g = \pm \frac{F_g}{A_3}$$

$$\sigma_g = 1,88 \text{ MPa}$$

İmalat bitiminde islah edilmiş cıvatanın emniyetli genlik mukavemet değeri

$$\sigma_G = 40 \text{ MPa}$$

İşletmedeki en küçük sıkıştırma kuvveti $F_{S1 \text{ min}} = F_{\text{ön min}} - F_{PA \text{ max}}$

$$F_{S1 \text{ min}} = 24'247 \text{ N}$$

2.3.5 Emniyet katsayıları

Montajdaki değerler:

Montajda akma mukavemeti emniyeti	$S_{AM} = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{biM}}$	$S_{AM} = 1,1$
Montajda temas yüzeyleri basıncı emniyeti	$S_{ApM} = \frac{P_{S1}}{P_M}$	$S_{ApM} = 1,48$

İşletmedeki değerler:

İşletmede akma mukavemeti emniyeti	$S_{Aiş} = \frac{R_{p0,2İş}}{\sigma_{biİş}}$	$S_{Aiş} = 1,15$
İşletmede temas yüzeyleri basıncı emniyeti	$S_{piş} = \frac{P_{İş}}{P_{İş}}$	$S_{piş} = 1,59$
İşletmede devamlı mukavemet emniyeti	$S_{DMiş} = \frac{\sigma_G}{\sigma_g}$	$S_{DMiş} = 21,25$
Sıkıştırma kuvvetinin durumu	$S_{S1} = \frac{F_{S1min}}{F_{S1-GER}}$	$S_{S1} = 24,25$

Burada bütün orantı değerleri 1 den büyük oldukları için konstruksiyonun işletmede zorluk çıkarmayacağı görülür.

Cıvata bağlantısında bilinmesi gereken değerler:

Cıvata: 6-Köşe Cıvata M16-90/38 - 8.8, İmalattan sonra islah edilmiş.

Sıkma metodu: Tork anahtarı ile torsiyon moment kontrollü sıkma.
Cıvata satın alındığı gibi yağlanmadan kullanılacak.

Sıkma momenti: $M_{S1} = 160 \pm 35 \text{ Nm}$

Bak Tablo 17

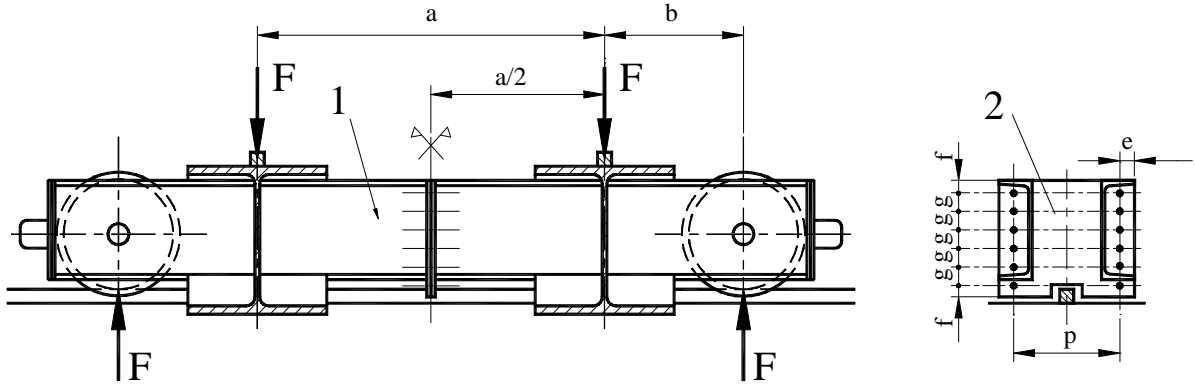
2.4 Örnek 4, Eksen dışı yük ve moment etkisindeki vinç başlığı bağlantısı

160 kN kapasiteli bir gezer köprü vinçinin başlığı nakliye ve montajda kolaylık olsun diye Şekil 12 ile görüldüğü gibi cıvata bağlantılı olarak yapılmıştır.

Bağlantı konstruksiyon esaslarına göre ölçülendirilmeli ve cıvatanın boyutları belirlendikten sonra konstruksiyonunun gevşemeden fonksiyonunu gösterebilmesi için bir taslak çizilmelidir.

Montajda cıvatanın moment ayarlı tork anahtarı ile sıkılacağı vede bu işlemin elle yapılacağı, cıvataların satın alınma durumunda, yani hafif yağlı olarak kullanılacağı kabul edilmelidir.

Cıvata: 6-Köşe – Cıvata, DIN 931 - 8.8, islah edilmiş



Şekil 12, Vinç başlığı bağlantısı

Bilinen ön değerler:

Tekerlek ve başlıktaki ray kuvvetleri küçük bir farklılıkla eşit ve titreşimler, ivme ve frenleme etkisi dahil verilen değerler kabul edilirse (uygulamada böyle alınır)

Tekerlek kuvveti

$$F_{\max} = 30 \text{ kN}$$

$$F_{\min} = 10 \text{ kN}$$

$$a = 1000 \text{ mm} \quad ; \quad b = 500 \text{ mm} \quad ; \quad p = 260 \text{ mm}$$

$$e = 30 \text{ mm} \quad ; \quad f = 30 \text{ mm} \quad ; \quad g = 50 \text{ mm}$$

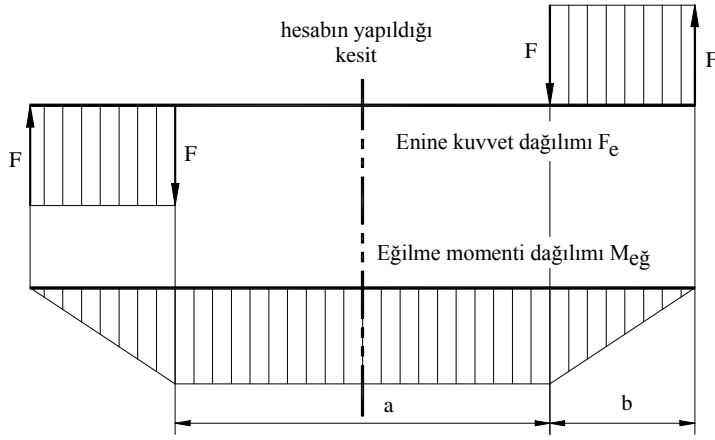
$$\text{Poz 1} \quad \text{U- Profil,} \quad \text{St 37-2}$$

$$\text{Poz 2} \quad \text{30 mm Blech,} \quad \text{St 37-2,}$$

Pozisyon 2 de her iki tarafında 6 mm kalınlığında St 52 çelik rondela kullanılmıştır.

$$\text{Cıvata adedi} \quad n_{C1} = 12 \quad \text{Cıvata sırası} \quad z = 2$$

2.4.1 Çözüm



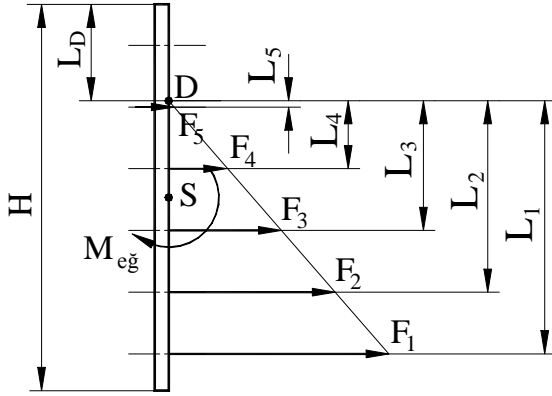
Şekil 13, Moment ve kuvvet dağılımı

Kuvvetler ve momentler dağılımından görüldüğü gibi, hesabın yapıldığı kesitte yalnız eğilme momenti vardır. Enine kuvvetler karşılıklı etki gösterdiklerinden sıfırdır.

Moment:

$$M_{eğ} = F \cdot b = 30'000 \cdot 500$$

$$M_{eğ} = 15'000 \text{ Nm}$$



Şekil 14, Bağlantı şeması

$$H = 2 \cdot f + 5 \cdot g \quad H = 310 \text{ mm}$$

$$L_D = H/4 \quad L_D = 77,5 \text{ mm}$$

$$L_5 = f + g - L_D \quad L_5 = 2,5 \text{ mm}$$

$$L_4 = L_5 + g \quad L_4 = 52,5 \text{ mm}$$

$$L_3 = L_4 + g \quad L_3 = 102,5 \text{ mm}$$

$$L_2 = L_3 + g \quad L_2 = 152,5 \text{ mm}$$

$$L_1 = L_2 + g \quad L_1 = 202,5 \text{ mm}$$

$$\text{Momenten doğan çekme kuvveti} \quad F_1 = \frac{M_{eğ}}{z_{C1}} \cdot \frac{L_1}{L_1^2 + L_2^2 + L_3^2 + L_4^2 + L_5^2} \quad F_1 = 19'589 \text{ N}$$

Her ne kadar zorlama statikmiş gibi görünüyorsa da ötürü kuvvetler:

$$F_{i\text{ş max}} = 19,6 \text{ kN} \quad \text{ve} \quad F_{i\text{ş min}} = 19,6 / 3 = 6,8 \text{ kN} \text{ olarak alınır.}$$

2.4.2 Cıvatanın seçimi

Zorlama dinamik kabul edilir ve cıvata: Tablo 14 ile

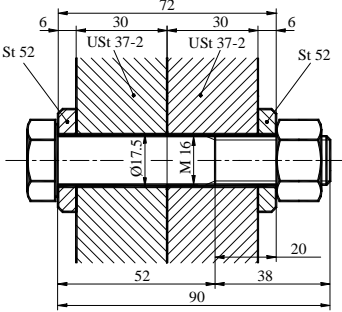
Dinamik boyuna kuvvet $F_{i\text{ş max}} = 19,6 \text{ kN}$

Cıvata kalitesi 8.8

6-Köşe Cıvata M16-90/38 - 8.8

seçilir.

2.4.3 Bağlantının hassas kontrolü



6-Köşe Cıvata M16-90/38 - 8.8

İşletme kuvveti	$F_{İ\text{Şmax}} = 19,6 \text{ kN}$
statik	$F_{İ\text{Şmin}} = 6,8 \text{ kN}$
Temas yüzeyleri sürtünme katsayısı	$\mu_{Sü} = 0,2$ Literatürden
Gerekli sıkıştırma	$F_{Sİger} = 10 \text{ kN}$
Malzeme kalitesi	8.8
Montaj ve çevre ısısı	$T_M = 20 \text{ °C}$
Kopma mukavemeti	$R_m = 800 \text{ MPa}$
Akma mukavemeti	$R_{p0,2} = 640 \text{ MPa}$
Elastiklik modülü	$E_{C1} = 210'000 \text{ MPa}$

Burada hesaplar örnek 2.1 deki gibi yapılır ve şu sonuçlar elde edilir:

2.4.4 Mukavemet değerlerinin kontrolü

Montajdaki değerler:

Vidadaki sürtünme momenti	$M_{Vi} = F_{önM} \cdot d_2/2 \cdot \tan(\varphi \pm \rho')$	$M_{Vi} = 91,1 \text{ Nm}$
Montaj ve işletmede vidadaki torsiyon gerilimi " τ_t "	$\tau_t = \frac{M_{Vi}}{W_t}$	$\tau_t = 187 \text{ MPa}$
Cıvatanın montajdaki çekme gerilimi " $\sigma_{çM}$ "	$\sigma_{çM} = \frac{F_{önM}}{A_{GE}}$	$\sigma_{çM} = 482 \text{ MPa}$
Montajda bileşik gerilim " σ_{BiM} "	$\sigma_{BiM} = \sqrt{\sigma_{çM}^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$	$\sigma_{BiM} = 580 \text{ MPa}$
Basma yüzey alanı " A_b "	$A_b = 0,25 \cdot \pi \cdot (d_D^2 - d_G^2)$	$A_b = 157,1 \text{ mm}^2$
Montajda temas yüzeyi basıncı	$p_M = F_{önM} / A_b$	$p_M = 481 \text{ MPa}$
Montajda yüzey basınç sınırı	St 52 20°C, Tablo 23	$P_S = 710 \text{ MPa}$

İşletmedeki değerler:

işletmedeki çekme gerilimi " $\sigma_ç$ "	$\sigma_ç = \frac{F_{Ci \text{ max}}}{A_{GE}}$	$\sigma_ç = 458 \text{ MPa}$
İşletmede bileşik gerilim " σ_{Bi} "	$\sigma_{Bi} = \sqrt{\sigma_ç^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$	$\sigma_{Bi} = 561 \text{ MPa}$
İşletmede temas yüzey basıncı	$p_{İ\text{Ş}} = F_{Ctop} / A_b$	$p_{İ\text{Ş}} = 457 \text{ MPa}$
İşletmede yüzey basınç sınırı	St 52 20°C, Tablo 23	$P_S = 710 \text{ MPa}$

İşletmedeki genlik kuvveti “ F_g ”	$F_g = \pm \frac{F_{i\dot{s}u} - F_{i\dot{s}a}}{2} \cdot \phi$	$F_g = 132 \text{ N}$
Cıvata genlik gerilimi “ σ_g ”	$\sigma_g = \pm \frac{F_g}{A_3}$	$\sigma_g = 0,91 \text{ MPa}$
İmalat bitiminde islah edilmiş cıvatanın emniyetli genlik mukavemet değeri		$\sigma_G = 40 \text{ MPa}$
İşletmedeki en küçük sıkıştırma kuvveti	$F_{S1 \min} = F_{\text{ön min}} - F_{PA \max}$	$F_{S1 \min} = 20 \text{ kN}$

2.4.5 Emniyet katsayıları

Montajdaki değerler:

Montajda akma mukavemeti emniyeti	$S_{AM} = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{biM}}$	$S_{AM} = 1,1$
Montajda temas yüzeyleri basıncı emniyeti	$S_{ApM} = \frac{p_{S1}}{p_M}$	$S_{ApM} = 1,48$

İşletmedeki değerler:

İşletmede akma mukavemeti emniyeti	$S_{Ai\dot{s}} = \frac{R_{p0,2i\dot{s}}}{\sigma_{bi\dot{s}}}$	$S_{Ai\dot{s}} = 1,14$
İşletmede temas yüzeyleri basıncı emniyeti	$S_{pi\dot{s}} = \frac{p_{S1}}{p_{i\dot{s}}}$	$S_{pi\dot{s}} = 1,55$
İşletmede devamlı mukavemet emniyeti	$S_{DMi\dot{s}} = \frac{\sigma_G}{\sigma_g}$	$S_{DMi\dot{s}} = 43,83$
Sıkıştırma kuvvetinin durumu	$S_{S1} = \frac{F_{S1 \min}}{F_{S1-GER}}$	$S_{S1} = 2$

Burada bütün orantı değerleri 1 den büyük oldukları için konstruksiyonun işletmede zorluk çıkarmayacağı görülür.

Cıvata bağlantısında bilinmesi gereken değerler:

Cıvata:	6-Köşe Cıvata M16-90/38 - 8.8, İmalattan sonra islah edilmiş.
Sıkma metodu:	Tork anahtarı ile torsiyon moment kontrollü sıkma. Cıvata satın alındığı gibi yağlanmadan kullanılacak.
Sıkma momenti:	$M_{S1} = 160 \pm 35 \text{ Nm}$ Bak Tablo 17

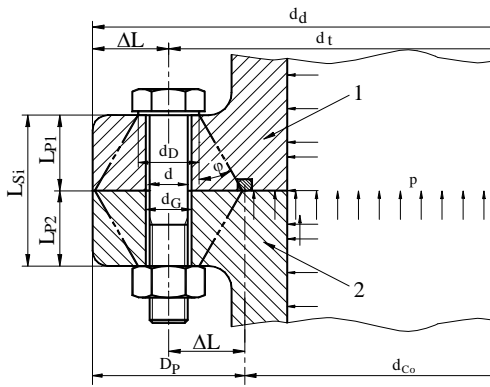
2.5 Örnek 5, Eksen dışı yük ve boyuna ısı etkisindeki flanş bağlantısı

Aşağıda gösterilen işletme ısı Poz 1 ve 2 için 200°C, cıvata 180°C olan flanş bağlantısı (Şekil 15) konstruksiyon esaslarına göre ölçülendirilmelidir. Poz 1 ve Poz 2 nin malzemesi St 50 dir. Cıvatanın boyutları belirlendikten sonra konstruksiyonunun gevşemeden çalışabilmesi için bir taslak çizilmelidir.

- Cıvata satın alınma durumunda, yani hafif yağlı olarak ve montajın moment ayarlı tork anahtarı ile elle yapılacağı kabul edilmelidir.

Cıvatanın malzemesi: 6-Köşe - Cıvata DIN 931 - 8.8, islah edilmiş, ham

Bilinen ön değerler:



Şekil 15, Flanş bağlantısı

İşletmede cıvata kafasının yukarıda kalacak şekilde monte edilmesi daha doğrudur. Çünkü; somun gevşeyip düşse bile, cıvata gevşek bir pim gibi kalıp bağlantının tamamen çözülmesini önler. Böylece düşen somunun ikazı ile bağlantının kontrolü vede tekrar sıkıştırılma imkanı doğar.

Flanş dış çapı	$d_d = 220 \text{ mm}$
Cıvata yerleşme çapı	$d_t = 180 \text{ mm}$
Boru iç çapı	$d_i = 110 \text{ mm}$
Conta çapı	$d_{Co} = 136 \text{ mm}$
Basınç	$p_{\max} = 3,8 \text{ MPa}$
	$p_{\min} = 1,9 \text{ MPa}$

2.5.1 Çözüm

İlk yapılacak işlem bir cıvatayı etkileyen max. işletme kuvvetini bulmaktır.

Flanş etkileyen toplam kuvvet	$F_{\max\text{top}} = A_{Ab} \cdot p_{\max}$	$F_{\max\text{top}} = 55'202 \text{ N}$
	$F_{\min\text{top}} = A_{Ab} \cdot p_{\min}$	$F_{\min\text{top}} = 27'601 \text{ N}$
Basınç altındaki alan	$A_{Ab} = 0,25 \cdot \pi \cdot d_{Co}^2$	$A_{Ab} = 14'527 \text{ mm}^2$
Sınır değerler oranı	$\kappa = F_{\min} / F_{\max}$	$\kappa = 0,5$

Cıvata adedi. Sızdırmazlığı garanti eden genel bir şart vardır:

$L_a / d_G \leq 5$ bu şart gerçekleşmelidir.

Bunun içinde ilk evvela cıvata sıyısı kabul edilir ve hesaplar yapılır.

$$n_{C1} = 12$$

Bir cıvatayı etkileyen kuvvet $F_{i\text{şmax}} = F_{\max\text{top}} / n_{C1}$

$$F_{i\text{şmax}} = 4'600 \text{ N}$$

Zorlama: Dinamik ve eksen dışı $F_{i\text{şmin}} = F_{\min\text{top}} / n_{C1}$

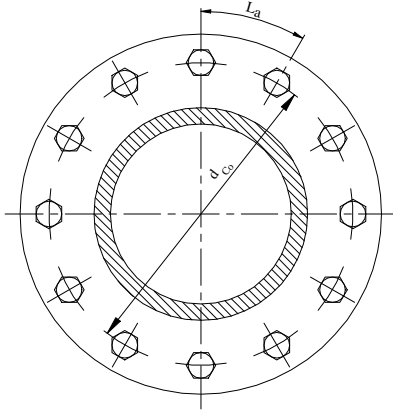
$$F_{i\text{şmin}} = 2'300 \text{ N}$$

2.5.2 Cıvatanın tablo ile ölçülendirilmesi

İşletmedeki max. kuvvet $F_{i\text{şmax}} = 4'600 \text{ N}$, dinamik zorlama ve cıvata kalitesi 8.8

Cıvatanın boyutları : Tablo 14 ile,

6-Köşe Cıvata M10-50/26 - 8.8



Şekil 16, Flanş detay

Sızdırmazlık için $L_a / d_G \leq 5$ gerçekleşmelidir.

$$L_a = \pi \cdot d_t / n_{C1} = \pi \cdot 180 / 12 \approx 47 \text{ mm ve}$$

$$d_G = 11 \text{ mm}, L_a / d_G = 47 / 11 \approx 4,3 \leq 5$$

böylece sızdırmazlık şartı gerçekleşmiş olur.

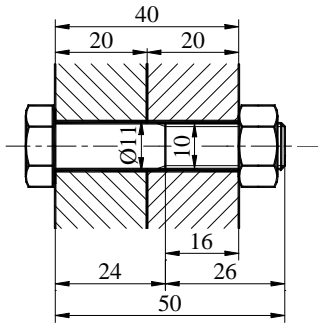
Cıvata konstruksiyonunun gevşemeden fonksiyonunu gösterebilmesi için

$$L_{S1} = 4 \cdot d = 4 \cdot 10 = 40 \text{ mm,}$$

flanş kalınlığı $h = 40 \text{ mm}$, yani her bir flanş 20 mm olmalıdır.

2.5.3 Bağlantının hassas kontrolü

İşletme değerleri ve Cıvatanın değerleri



Şekil 17, Bağlantı detayı

6-Köşe Cıvata M10-50/26 - 8.8

İşletme kuvveti
statik
Gerekli sıkıştırma

Isı T (°C)
Kopma muka. R_m (MPa)
Akma mukavem. $R_{p0,2}$ (MPa)
Elastiklik mod. E_{C1} (MPa)
genişleme faktörü
 $T_{i\text{ş}} = 180^\circ$ için

$$F_{i\text{şmax}} = 4,6 \text{ kN}$$

$$F_{i\text{şmin}} = 2,3 \text{ kN}$$

$$F_{Siger} = 1 \text{ kN}$$

	Montajda	İşletmede
Isı	20	180
Kopma muka.	800	820
Akma mukavem.	640	540
Elastiklik mod.	210'000	200'000

$$\alpha_{LC1} = 11,9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

Vida ve konstruksiyon değerleri bak Tablo 2 ve Tablo 3

	6-Köşe Cıvata	
Anma çapı	$d = 10 \text{ mm}$	
Adım veya hatve	$P_{C1} = 1,5 \text{ mm}$	
Cıvatanın boyu	$L_{C1} = 50 \text{ mm}$	
Vidanın boyu	$b = 26 \text{ mm}$	
Toplam sıkılan boy	$L_{S1} = 40 \text{ mm}$	
Bölüm dairesi çapı	$d_2 = d - 0,64952 \cdot P_{C1}$	$d_2 = 9,026 \text{ mm}$
Helis açısı $\varphi_P = P_{C1} / (\pi \cdot d_2)$	$\varphi_S = \text{atan } \varphi_P$	$\varphi_S = 3,038151^\circ$
Diş dibi çapı	$d_3 = d - 1,22687 \cdot P_{C1}$	$d_3 = 8,160 \text{ mm}$
Diş dibi kesitinin alanı	$A_3 = \pi \cdot d_3^2 / 4$	$A_3 = 52,3 \text{ mm}^2$
Anahtar ağızı		$s = 16 \text{ mm}$
Kafa altı dış çapı		$d_{KD} = 14,6 \text{ mm}$
Geçiş deliği		$d_G = 11 \text{ mm}$
Kafa altı iç çapı $d_{yKG} = 0$ alınır.	$d_{KI} = d_G + 2 \cdot d_{yKG}$	$d_{KI} = 11 \text{ mm}$
Şaft çapı	$d_S = d$	$d_S = 10 \text{ mm}$
Şaft alanı	$A_S = \pi \cdot d^2 / 4$	$A_S = 78,54 \text{ mm}^2$

Anma alanı	$A_{AN} = A_S$	$A_{AN} = 78,54 \text{ mm}^2$
Vidasız şaft boyu	$L_S = L_{C1} - b$	$L_S = 24 \text{ mm}$
Vidalı şaft boyu	$L_V = L_{S1} - L_S$	$L_V = 16 \text{ mm}$
Gerilim çapı	$d_{GE} = (d_2 + d_3)/2$	$d_{GE} = 8,593 \text{ mm}$
Gerilme kesiti alanı	$A_{GE} = \pi \cdot d_{GE}^2 / 4$	$A_{GE} = 58 \text{ mm}^2$
Torsiyon karşı koyma momenti	$W_t = \pi \cdot d_3^3 / 16$	$W_t = 107 \text{ mm}^3$
Eğilme karşı koyma momenti	$W_{eğ} = \pi \cdot d_3^3 / 32$	$W_{eğ} = 53 \text{ mm}^3$

Bağlanan parçaların değerleri

	1. Parça	2. Parça
Malzeme	St 50	St 50
Kalınlık	$L_{P1} = 20 \text{ mm}$	$L_{P2} = 20 \text{ mm}$
Elastiklik modülü, montajda	$E_{P1} = 210 000 \text{ MPa}$	$E_{P2} = 210 000 \text{ MPa}$
İşletmede parçanın ısısı	$T_{P1İŞ} = 200 \text{ °C}$	$T_{P2İŞ} = 200 \text{ °C}$
Elastiklik modülü, işletmede	$E_{P1İŞ} = 200 000 \text{ MPa}$	$E_{P2İŞ} = 200 000 \text{ MPa}$
Isıl genişleme katsayısı	$\alpha_{orLP1} = 12 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$	$\alpha_{orLP2} = 12 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$
Montajda yüzey basınç sınırı 20°C de	$P_S = 710 \text{ MPa}$	$P_S = 710 \text{ MPa}$
İşletmede yüzey basınç sınırı 200°C de	$P_{SİŞ} = 675 \text{ MPa}$	$P_{SİŞ} = 675 \text{ MPa}$
$p_{SİŞ} = p_S \cdot E_{P1İŞ} / E_{P1}$		
Parçaların toplam sıkma boyu	$L_{S1} = L_{P1} + L_{P2}$	$L_{S1} = 40 \text{ mm}$

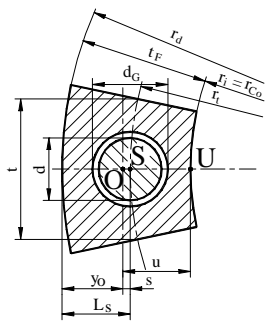
Sürtünme katsayıları ve açıları

Vidada sürtünme katsayısı / açısı	$\mu_V = 0,12$	$\rho_V = 6,84277^\circ$
Kafada sürtünme katsayısı / açısı	$\mu_K = 0,12$	$\rho_K = 6,84277^\circ$

Sıkma momenti faktörü

Tork anahtarı ile sıkma momenti faktörü

$\alpha_{S1} = 1,6$

Bağlanan parçaların ayrılmaması için gereken sıkıştırma kuvveti “F_{S12}”

Şekil 18, Temas kesiti

$$F_{S12} = \frac{(a-s) \cdot u}{k_B^2 + s \cdot u} \cdot F_{İŞ \max} \quad F_{S12} = 21,50 \text{ kN}$$

$$a = (a-s) + s \quad a = 32,129 \text{ mm}$$

$$a-s = \frac{2 \cdot d_t - d_{Co}^2}{8 \cdot d_t} \quad a-s = 32,198 \text{ mm}$$

$$A_T = \pi \cdot (r_d^2 - r_{Co}^2) / n_C \quad A_T = 1'921 \text{ mm}^2$$

“s” mesafesi	$s = L_S - y_0$	$s = 0,423 \text{ mm}$
“L _S ” mesafesi	$L_S = 0,5 \cdot (d_d - d_t)$	$L_S = 20 \text{ mm}$
Geçiş deliği boşluklu trapezin ağırlık merkezi “y ₀ ” mesafesi	$y_0 = \frac{y_T \cdot A_T - L_S \cdot A_G}{A_{T0}}$	$y_0 = 19,577 \text{ mm}$
Tam trapezin ağırlık merkezi “y _T ” mesafesi	$y_T = \frac{t_F \cdot r_t + 2 \cdot r_i}{3 \cdot r_t + r_i}$	$y_T = 19,597 \text{ mm}$
Geçiş deliği alanı	$A_G = 0,25 \cdot \pi \cdot d_G^2$	$A_G = 95,0 \text{ mm}^2$

Geçiş deliği boşluklu trapezin alanı	$A_{T0} = A_T - A_G$	$A_{T0} = 1278 \text{ mm}^2$
“u” mesafesi	$u = t_F - y_0$	$u = 21 \text{ mm}$
Taksimat	$t_C = \pi \cdot d_t / n_C$	$t_C = 47,1 \text{ mm}$
Sıkıştırma basıncı etkisindeki kapalı alanın ataletmomentinin alanına oranı “ k_B^2 ”	$k_B^2 = \frac{I_{BT}}{A_T}$	$k_B^2 = 138 \cdot \text{mm}^2$
Sıkıştırma basıncı etkisindeki kapalı alanın atalet momenti	$I_{BT} = \frac{t_C \cdot t_F^3 \cdot (r_d^2 + 4 \cdot r_d \cdot r_i + r_i^2)}{36 \cdot r_t \cdot (r_d + r_i)}$	$I_{BT} = 264'442 \text{ mm}^4$
Toplam sıkıştırma kuvveti	$F_{S1} = F_{S11} + F_{S12}$	$F_{S1} = 22,5 \text{ kN}$
Gerekli toplam sıkıştırma kuvveti	$F_{S1 \text{ GER}} = 2 \cdot F_{S1}$	$F_{S1 \text{ GER}} = 45 \text{ kN}$
Tablo 16 ile M10-8.8 civatanın sıkıştırma kuvveti		$F_{Sp20} = 27,4 \text{ kN}$

2.5.4 Yeni cıvata seçimi

Tablo 16 ile sıkıştırma kuvveti montajda, yani 20 °C de $F_{Sp20} = 54.9 \text{ kN}$ olan M14-8.8 cıvatasını seçelim. Çünkü; ısı etkisi olduğundan işletmedeki (180 °C deki) sıkıştırma kuvveti $F_{Sp180} = F_{Sp20} \cdot R_{p0,2M} / R_{p0,2İş} \approx 46,3 \text{ kN}$ olur.

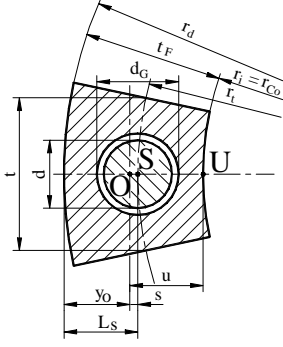
Sızdırmazlık için $L_a / d_G \leq 5$ gerçekleşmelidir. $d_G = 15,5 \text{ mm}$ olacağından L_a / d_G oranı 4,3 den de küçük olacaktır ve böylece sızdırmazlık şartı gerçekleşmiş olur.

Cıvata konstruksiyonunun gevşemeden fonksiyonunu gösterebilmesi için $L_{S1} = 4 \cdot d$
 $L_{S1} = 4 \cdot 14 \approx 56 \text{ mm}$ burada $L_{S1} = 55 \text{ mm}$ seçelim, yani her bir flanş 27,5 mm olmalıdır.

Yeni cıvatanın konstruksiyon değerleri	bak Tablo 2 ve Tablo 3 ile.	
Anma çapı	6-Köşe Cıvata	$d = 14 \text{ mm}$
Adım veya hatve		$P_{C1} = 2 \text{ mm}$
Cıvatanın boyu		$L_{C1} = 70 \text{ mm}$
Vidanın boyu		$b = 34 \text{ mm}$
Toplam sıkılan boy		$L_{S1} = 55 \text{ mm}$
Bölüm dairesi çapı	$d_2 = d - 0,64952 \cdot P_{C1}$	$d_2 = 12,701 \text{ mm}$
Helis açısı $\varphi_P = P_{C1} / (\pi \cdot d_2)$	$\varphi_S = \text{atan } \varphi_P$	$\varphi_S = 2,869478^\circ$
Diş dibi çapı	$d_3 = d - 1,22687 \cdot P_{C1}$	$d_3 = 11,546 \text{ mm}$
Diş dibi kesitinin alanı	$A_3 = \pi \cdot d_3^2 / 4$	$A_3 = 104,7 \text{ mm}^2$
Anahtar ağızı		$s = 21 \text{ mm}$
Kafa altı dış çapı		$d_D = 19,6 \text{ mm}$
Geçiş deliği		$d_G = 15,5 \text{ mm}$
Kafa altı iç çapı.	$d_{Kİ} = d_G + 2 \cdot d_{yKG}$	$d_{Kİ} = 15,5 \text{ mm}$
Şaft çapı	$d_S = d$	$d_S = 14 \text{ mm}$
Şaft alanı	$A_S = \pi \cdot d^2 / 4$	$A_S = 153,94 \text{ mm}^2$
Anma alanı	$A_{AN} = A_S$	$A_{AN} = 153,94 \text{ mm}^2$
Vidasız şaft boyu	$L_S = L_{C1} - b$	$L_S = 36 \text{ mm}$
Vidalı şaft boyu	$L_V = L_{S1} - L_S$	$L_V = 19 \text{ mm}$
Gerilim çapı	$d_{GE} = (d_2 + d_3) / 2$	$d_{GE} = 12,124 \text{ mm}$
Gerilme kesiti alanı	$A_{GE} = \pi \cdot d_{GE}^2 / 4$	$A_{GE} = 115,4 \text{ mm}^2$
Torsiyon karşı koyma momenti	$W_t = \pi \cdot d_3^3 / 16$	$W_t = 302 \text{ mm}^3$
Eğilme karşı koyma momenti	$W_{eğ} = \pi \cdot d_3^3 / 32$	$W_{eğ} = 151 \text{ mm}^3$

Bağlanan parçaların değişen değerleri

	1. Parça	2. Parça
Kalınlık	$L_{P1} = 27,5 \text{ mm}$	$L_{P2} = 27,5 \text{ mm}$
Parçaların toplam sıkma boyu	$L_P = L_{P1} + L_{P2}$	$L_P = 55 \text{ mm}$

Bağlanan parçaların ayrılmaması için gereken sıkıştırma kuvveti “ F_{S12} ”

Şekil 19, Temas kesiti

“s” mesafesi	$s = L_S - y_0$	$s = 0,446 \text{ mm}$
“ L_S ” mesafesi	$L_S = 0,5 \cdot (d_d - d_t)$	$L_S = 20 \text{ mm}$
Geçiş deliği boşluklu trapezoidin ağırlık merkezi “ y_0 ” mesafesi	$y_0 = \frac{y_T \cdot A_T - L_S \cdot A_G}{A_{T0}}$	$y_0 = 19,554 \text{ mm}$
Tam trapezoidin ağırlık merkezi “ y_T ” mesafesi	$y_T = \frac{t_F}{3} \cdot \frac{r_t + 2 \cdot r_i}{r_t + r_i}$	$y_T = 19,597 \text{ mm}$
Geçiş deliği alanı	$A_G = 0,25 \cdot \pi \cdot d_G^2$	$A_G = 189 \text{ mm}^2$
Geçiş deliği boşluklu trapezoidin alanı	$A_{T0} = A_T - A_G$	$A_{T0} = 1733 \text{ mm}^2$
“u” mesafesi	$u = t_F - y_0$	$u = 20,9 \text{ mm}$
Taksimat	$t_C = \pi \cdot d_t / n_C$	$t_C = 47,1 \text{ mm}$
Sıkıştırma basıncı etkisindeki kapalı alanın ataletmomentinin alanına oranı “ k_B^2 ”	$k_B^2 = \frac{I_{BT}}{A_T}$	$k_B^2 = 138 \cdot \text{mm}^2$
Sıkıştırma basıncı etkisindeki kapalı alanın atalet momenti	$I_{BT} = \frac{t_C \cdot t_F^3 \cdot (r_d^2 + 4 \cdot r_d \cdot r_i + r_i^2)}{36 \cdot r_t \cdot (r_d + r_i)}$	$I_{BT} = 264'442 \text{ mm}^4$
Toplam sıkıştırma kuvveti	$F_{S1} = F_{S11} + F_{S12}$	$F_{S1} = 22,4 \text{ kN}$
Gerekli toplam sıkıştırma kuvveti	$F_{S1 \text{ GER}} = 2 \cdot F_{S1}$	$F_{S1 \text{ GER}} = 45 \text{ kN}$
M14-8.8 civatanın sıkıştırma kuvveti, Tablo 16		$F_{Sp180} = 46,3 \text{ kN}$

Cıvatanın montajda elastik esnekliği

Cıvata kafasının esnekliği	$\delta_K = \frac{0,5 \cdot d}{E_C \cdot A_{AN}}$	$\delta_K = 0,173 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$
Vidasız şaftın esnekliği	$\delta_{\text{Ş}} = \frac{L_{\text{Ş}}}{E_C \cdot A_{AN}}$	$\delta_{\text{Ş}} = 1,114 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$
Vidalı şaftın esnekliği	$\delta_V = \frac{L_V}{E_{C_i} \cdot A_3}$	$\delta_V = 0,864 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$
Somundaki vidanın esnekliği	$\delta_{VS} = \frac{0,5 \cdot d}{E_{C_i} \cdot A_3}$	$\delta_{VS} = 0,318 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$
Somunun esnekliği	$\delta_{So} = \frac{0,4 \cdot d}{E_{So} \cdot A_{AN}}$	$\delta_{So} = 0,173 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$
Montajda cıvatanın elastik esnekliği	$\delta_{C_1} = \delta_K + \delta_{\text{Ş}} + \delta_V + \delta_{VS} + \delta_{So}$	$\delta_{C_1} = 2,6425 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$

Cıvatanın işletmede elastik esnekliği

Cıvata kafasının esnekliği	$\delta_{K_{i\text{Ş}}} = \frac{0,4 \cdot d}{E_{C_{i\text{Ş}}} \cdot A_{AN}}$	$\delta_{K_{i\text{Ş}}} = 0,182 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$
Vidasız şaftın esnekliği	$\delta_{\text{Ş}_{i\text{Ş}}} = \frac{L_{\text{Ş}}}{E_{C_{i\text{Ş}}} \cdot A_{AN}}$	$\delta_{\text{Ş}_{i\text{Ş}}} = 1,169 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$
Vidalı şaftın esnekliği	$\delta_{V_{i\text{Ş}}} = \frac{L_V}{E_{C_{i\text{Ş}}} \cdot A_3}$	$\delta_{V_{i\text{Ş}}} = 0,907 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$
Somundaki vidanın esnekliği	$\delta_{V_{i\text{Ş}S}} = \frac{0,5 \cdot d}{E_{C_{i\text{Ş}}} \cdot A_3}$	$\delta_{V_{i\text{Ş}S}} = 0,334 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$
Somunun esnekliği	$\delta_{S_{o_{i\text{Ş}}}} = \frac{0,4 \cdot d}{E_{C_{i\text{Ş}}} \cdot A_{AN}}$	$\delta_{S_{o_{i\text{Ş}}}} = 0,182 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$
Montajda cıvatanın elastik esnekliği	$\delta_{C_{i\text{Ş}}} = \delta_{K_{i\text{Ş}}} + \delta_{\text{Ş}_{i\text{Ş}}} + \delta_{V_{i\text{Ş}}} + \delta_{V_{i\text{Ş}S}} + \delta_{S_{o_{i\text{Ş}}}}$	$\delta_{C_{i\text{Ş}}} = 2,2016 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$

Cıvatanın eğilme esnekliği

$\beta_{C_{i\text{Ş}}} = \beta_{K_{i\text{Ş}}} + \beta_{\text{Ş}_{i\text{Ş}}} + \beta_{V_{i\text{Ş}}} + \beta_{V_{i\text{Ş}S}} + \beta_{S_{o_{i\text{Ş}}}}$	$\beta_{C_1} = 27,416 \cdot 10^{-8} \text{ 1/(Nmm)}$			
$\beta_{K_{i\text{Ş}}} = \frac{0,4 \cdot d}{E_{C_{i\text{Ş}}} \cdot I_{AN}}$	$\beta_{\text{Ş}_{i\text{Ş}}} = \frac{L_{\text{Ş}}}{E_{C_{i\text{Ş}}} \cdot I_{AN}}$	$\beta_{V_{i\text{Ş}}} = \frac{L_V}{E_{C_{i\text{Ş}}} \cdot I_3}$	$\beta_{V_{i\text{Ş}S}} = \frac{0,9 \cdot d}{E_{C_{i\text{Ş}}} \cdot I_3}$	$\beta_{S_{o_{i\text{Ş}}}} = \frac{0,9 \cdot d}{E_{C_{i\text{Ş}}} \cdot I_3}$
$\beta_{K_{i\text{Ş}}} = 1,485 \cdot 10^{-8}$	$\beta_{\text{Ş}_{i\text{Ş}}} = 9,545 \cdot 10^{-8}$	$\beta_{V_{i\text{Ş}}} = 10,889 \cdot 10^{-8}$	$\beta_{V_{i\text{Ş}S}} = 4,0 \cdot 10^{-8}$	$\beta_{S_{o_{i\text{Ş}}}} = 1,485 \cdot 10^{-8}$

Cıvatanın eşdeğer eğilme boyu

$$L_{E\text{Ş}} = \beta_{C_1} \cdot E_C \cdot I_3$$

$$L_{E\text{Ş}} = 50,23 \text{ mm}$$

Sıkılan parçaların elastik esnekliği δ_P :**Sıkılan parçaların esnekliğine eşdeğer kaval silindirin kesit alanı**

$$\text{Konstruksiyonda } D_{DPhe} \quad D_{DPhe} = d_D + \tan \varphi \cdot L_{S1} \quad D_{DPhe} = 51,4 \text{ mm}$$

$$\text{Burada konstruksiyonda kısıtlama olmadığından } D_P \text{ aynen alınır.} \quad D_P = 51,4 \text{ mm}$$

$$d_D = 14,6 \text{ mm} < D_P = 51,4 \text{ mm} < d_D + L_{S1} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Böylece bak : } x = \sqrt[3]{\frac{L_{S1} \cdot d_D}{D_P^2}} \quad x = 0,7417$$

Eşdeğer kaval silindirin kesit alanı, bak

$$A_{EŞ} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_D^2 - d_G^2) + \frac{\pi}{8} \cdot d_D \cdot (D_P - d_D) \cdot [(x+1)^2 - 1] \quad A_{EŞ} = 610,8 \text{ mm}^2$$

$$c_K = 1000 \cdot E_{P1}/E_{P2} \cdot \text{N/mm} \quad c_K = 1000 \text{ N/mm}^3$$

$$I_K = \pi \cdot (D_{DP}^4 - d_G^4) / 64 \quad I_K = 238 \text{ 742 mm}^4$$

$$I_{BP} = I_K \cdot c_K \cdot L_{S1} / E_{C1} \quad I_{BP} = 65 \text{ 654 mm}^4$$

$$\beta_{PCi} = \frac{L_{S1} \cdot I_3}{L_{EŞ} \cdot I_{BP}} \quad \beta_{PCi} = 0,014551$$

Montajda elastik esneklik δ_P

$$1. \text{ Parçanın esnekliği} \quad \delta_{P1} = \frac{L_{P1}}{A_{EŞ} \cdot E_{P1}} \quad \delta_{P1} = 0,214 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

$$2. \text{ Parçanın esnekliği} \quad \delta_{P2} = \frac{L_{P2}}{A_{EŞ} \cdot E_{P2}} \quad \delta_{P2} = 0,214 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

$$\text{Montajda parçaların elastik esnekliği} \quad \delta_P = \delta_{P1} + \delta_{P2} \quad \delta_P = 0,429 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

İşletmede elastik esneklik $\delta_{Piş}$

$$1. \text{ Parçanın esnekliği} \quad \delta_{P1iş} = \frac{L_{P1}}{A_{EŞ} \cdot E_{P1iş}} \quad \delta_{P1iş} = 0,225 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

$$2. \text{ Parçanın esnekliği} \quad \delta_{P2iş} = \frac{L_{P2}}{A_{EŞ} \cdot E_{P2iş}} \quad \delta_{P2iş} = 0,225 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

$$\text{İşletmede parçaların elastik esnekliği} \quad \delta_{Piş} = \delta_{P1iş} + \delta_{P2iş} \quad \delta_{Piş} = 0,4503 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

$$\delta_{Piş}^* = \delta_{Piş} \cdot \left(1 + \frac{s^2 \cdot A_{EŞ}}{I_{BP}} \right) \quad \delta_{Piş}^* = 0,4511 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

$$\delta_{Piş}^{**} = \delta_{Piş} \cdot \left(1 + \frac{a \cdot s \cdot A_{EŞ}}{I_{BP}} \right) \quad \delta_{Piş}^{**} = 0,5105 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

Kuvvet dağılım faktörü "n"

$$n = 0,5$$

Kuvvet oranı “ ϕ ”

Montajda :	$\phi' = \frac{\delta_P}{\delta_{C_i} + \delta_P}$	$\phi' = 0,1582583$
	$\phi = \phi' \cdot n$	$\phi = 0,0791291$
İşletmede :	$\phi' = \frac{\delta_{P_{i\dot{s}}}^{**}}{\delta_{C_{i\dot{s}}} + \delta_{P_{i\dot{s}}}^*}$	$\phi'_{i\dot{s}} = 0,1924447$
	$\phi_{i\dot{s}} = \phi'_{i\dot{s}} \cdot n$	$\phi_{i\dot{s}} = 0,0962224$

Oturmadan dolayı kaybedilen ön germe kuvveti F_{Ot}

Vida yüzeyi	$R_z \approx 12,5 \mu\text{m}$	$f_{Ot1} = 0,003 \text{ mm}$
Cıvata başı / Somun temas yüzeyi	$R_z \approx 12,5 \mu\text{m}$	$f_{Ot2} = 0,006 \text{ mm}$
Parçalar arası 1 yüzey	$R_z \approx 12,5 \mu\text{m} \cdot 0,002$	$f_{Ot3} = 0,002 \text{ mm}$
	$f_{Ot} = f_{Ot1} + f_{Ot2} + f_{Ot3}$	$f_{Ot} = 0,0011 \text{ mm}$
	$F_{Ot} = \frac{f_{Ot}}{\delta_{C_{i\dot{s}}} + \delta_{P_{i\dot{s}}}^*}$	$F_{Ot} = 4,15 \cdot 10^3 \text{ N}$

Isı etkisi

Isının cıvataya etkisi	$\Delta L_C = \alpha_C \cdot L_{SIK} \cdot \Delta T_C$	$\Delta T_C = T_{C_{i\dot{s}}} - T_M$	$\Delta L_C = 0,105 \text{ mm}$
Isının parçalara etkisi	$\Delta L_P = \Delta L_{P1} + \Delta L_{P2}$		$\Delta L_P = 0,1188 \text{ mm}$
	$\Delta L_{P1} = \alpha_{P1} \cdot L_{P1} \cdot \Delta T_{P1}$		
	$\Delta L_{P2} = \alpha_{P2} \cdot L_{P2} \cdot \Delta T_{P2}$		
	$\Delta L_{S1} = \Delta L_P - \Delta L_C$		$\Delta L_{S1} = 0,0141 \text{ mm}$
Boy uzama farkından doğan kuvvet $\Delta F_{ÖNT}$	$\Delta F_{ÖNT} = \frac{\Delta L}{\delta_{C_{i\dot{s}}} + \delta_{P_{i\dot{s}}}^*}$		$\Delta F_{ÖNT} = 5'308 \text{ N}$
	$F_{ÖNmax} = F_{S1} \cdot \alpha_{S1}^{-1} + (1 - \phi_{i\dot{s}}) \cdot F_{i\dot{s}max} + F_{Ot} - \Delta F_{ÖNT}$		$F_{ÖNmax} = 39,1 \text{ kN}$
M14-8.8 cıvatanın sıkıştırma kuvveti, Tablo 16			$F_{Sp180} = 46,3 \text{ kN}$

İşletmedeki ön germe kuvveti “ $F_{ön}$ ”

	$F_{ÖNmax} = F_{ÖNMmax} + \Delta F_{ÖNT} - F_{Ot}$	$F_{önmax} = 21'117 \text{ N}$
	$F_{ÖNmin} = \frac{F_{ÖNMmax}}{\alpha_{S1}} + \Delta F_{ÖNT} - F_{Ot}$	$F_{önmin} = 13'092 \text{ N}$

Sıkıştırma momenti

Sıkıştırma momenti M 14-8.8 için, Tablo 16

$$M_{S1} = 126 \text{ Nm}$$

ısıdan dolayı şimdilik %10 eksliğini alalım.

$$M_{S1\max} = 0,9 \cdot M_{S1} = 0,9 \cdot 126$$

$$M_{S1\max} = 113,4 \text{ Nm}$$

min. Sıkıştırma momenti, bak $M_{S1\min} = M_{S1\max} / \alpha_{S1}$

$$M_{S1\min} = 70,9 \text{ Nm}$$

Montaj momenti "M_A" $M_A = (M_{S1\max} + M_{S1\min}) / 2$

$$M_A = 92 \text{ Nm}$$

Moment sapması "ΔM_A" $\Delta M_A = (M_{S1\max} - M_{S1\min}) / 2$

$$\Delta M_A = \pm 20 \text{ Nm}$$

Sıkıştırma momentinin büyüklüğü

$$M_A = 92 \pm 20 \text{ Nm}$$

Eğer tork anahtarı ayarlama momentini vermek gerekirse:

$$M_{Ay} = 0,9 \cdot M_{S1\max} = 0,9 \cdot 113,4 = 102$$

$$M_{Ay} = 102 \text{ Nm}$$

Burada verilen 102 Nm tork anahtarının ayarlanacağı değerdir. Bu değer in seçimi genelde montajda çalışanlara bırakılır.

İşletme kuvvetinin dağılımı

Cıvata da ek kuvvet "F_{EK}"

$$F_{EK\max} = F_{Iş\max} \cdot \phi_{Iş}$$

$$F_{EK\max} = 456 \text{ N}$$

$$F_{EK\min} = F_{Iş\min} \cdot \phi_{Iş}$$

$$F_{EK\min} = 228 \text{ N}$$

Parçaların aldığı kuvvet "F_{PA}"

$$F_{PA\max} = F_{Iş\max} - F_{EK\max}$$

$$F_{PA\max} = 4'281 \text{ N}$$

$$F_{PA\min} = F_{Iş\min} - F_{EK\min}$$

$$F_{PA\min} = 2'140 \text{ N}$$

Cıvata yı zorlayan max. kuvvet "F_{ön}" $F_{Ctop} = F_{ön\max} + F_{EK\max}$

$$F_{Ctop} = 43,3 \text{ kN}$$

İşletmedeki en küçük sıkıştırma kuvveti "F_{S1min}"

$$F_{S1\min} = F_{ön\min} - F_{PA\max}$$

$$F_{S1\min} = 22,9 \text{ kN}$$

2.5.5 Mukavemet değerlerinin kontrolü**Montajda bileşik gerilim**

Vidadaki sürtünme momenti

$$M_{Vi} = F_{önM} \cdot d_2/2 \cdot \tan(\varphi \pm \rho')$$

$$M_{Vi} = 59,67 \text{ Nm}$$

Vidadaki torsiyon gerilimi "τ_t"

$$\tau_t = \frac{M_{Vi}}{W_t}$$

$$\tau_t = 197 \text{ MPa}$$

Cıvatanın montajdaki çekme gerilimi "σ_{çM}"

$$\sigma_{çM} = \frac{F_{önM}}{A_{GE}}$$

$$\sigma_{çM} = 476 \text{ MPa}$$

Montajda bileşik gerilim "σ_{BiM}"

$$\sigma_{BiM} = \sqrt{\sigma_{çM}^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$$

$$\sigma_{BiM} = 586 \text{ MPa}$$

Montajda temas yüzeyleri basma gerilimi

Basma yüzey alanı "A_b"

$$A_b = 0,25 \cdot \pi \cdot (d_D^2 - d_G^2)$$

$$A_b = 113 \text{ mm}^2$$

Montajda temas yüzeyi basıncı

$$p_M = F_{önM} / A_b$$

$$p_M = 486 \text{ MPa}$$

İşletmede bileşik gerilim

Cıvatanın işletmedeki çekme gerilimi "σ_ç"

$$\sigma_{ç} = \frac{F_{Ci\max}}{A_{GE}}$$

$$\sigma_{ç} = 375 \text{ MPa}$$

İşletmede bileşik gerilim "σ_{Bi}"

$$\sigma_{Bi} = \sqrt{\sigma_{ç}^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$$

$$\sigma_{Bi} = 508 \text{ MPa}$$

İşletmede temas yüzeyleri basma gerilimi

$$W_P = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_D^4 - d_G^4}{d_D} \quad W_P = 450 \text{ mm}^3$$

$$p_{i\dot{s}} = \frac{F_{\text{ÖN max}} + \phi_{i\dot{s}} \cdot F_{i\dot{s} \text{ max}}}{A_{Te}} + \beta_{PC1} \cdot \frac{F_{i\dot{s} \text{ max}} \cdot a}{W_P} \quad p_{i\dot{s}} = 387 \text{ MPa}$$

Genlik gerilimi

İşletmedeki genlik kuvveti “ F_g ” $F_g = \pm \frac{F_{i\dot{s} \text{ ü}} - F_{i\dot{s} \text{ a}}}{2} \cdot \phi \quad F_g = 114 \text{ N}$

Cıvata genlik gerilimi “ σ_g ” $\sigma_g = \pm \frac{F_g}{A_3} \quad \sigma_g = 1,09 \text{ MPa}$

Eğilmeden gelen genlik gerilimi $\sigma_{ge\ddot{g}} = 0,5 \cdot \beta_{PC1} \cdot \frac{M_{e\ddot{g}}}{W_{e\ddot{g}}} \quad \sigma_{ge\ddot{g}} = 7,35 \text{ MPa}$

Toplam genlik gerilimi $\sigma_{gtop} = \sigma_g + \sigma_{ge\ddot{g}} \quad \sigma_{gtop} = 8,4 \text{ MPa}$

İmalat bitiminde islah edilmiş cıvatanın emniyetli genlik mukavemet değeri $\sigma_G = 50 \text{ MPa}$

İşletmedeki en küçük sıkıştırma kuvveti “ F_{Smin} ”

$$F_{Smin} = F_{\text{ön min}} - F_{PA \text{ max}} \quad F_{Smin} = 22,9 \text{ N}$$

2.5.6 Emniyet katsayıları**Montajdaki değerler**

Montajda akma mukavemeti emniyeti $S_{AM} = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{biM}} \quad S_{AM} = 1,09$

Montajda temas yüzeyleri basıncı emniyeti $S_{ApM} = \frac{p_{S11}}{p_M} \quad S_{ApM} = 1,46$

İşletmedeki değerler

İşletmede akma mukavemeti emniyeti $S_{Ai\dot{s}} = \frac{R_{p0,2i\dot{s}}}{\sigma_{bii\dot{s}}} \quad S_{Ai\dot{s}} = 1,06$

İşletmede temas yüzeyleri basıncı emniyeti $S_{pi\dot{s}} = \frac{p_{S1}}{p_{i\dot{s}}} \quad S_{pi\dot{s}} = 1,74$

İşletmede devamlı mukavemet emniyeti $S_{DMi\dot{s}} = \frac{\sigma_G}{\sigma_g} \quad S_{DMi\dot{s}} = 45,95$

Sıkıştırma kuvvetinin durumu $S_{S1} = \frac{F_{S1 \text{ min}}}{F_{S1 \text{ GER}}} \quad S_{S1} = 1,78$

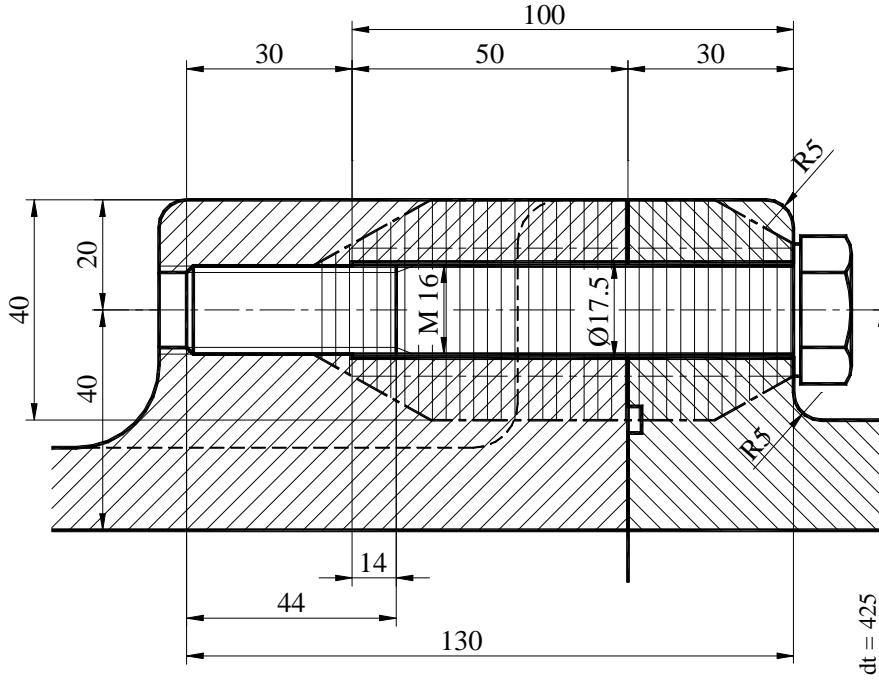
Burada bütün orantı değerleri 1 den büyük oldukları için, hesapsal olarak, konstruksiyonun işletmede sağlıklı çalışacağı söylenebilir.

Cıvata bağlantısında bilinmesi gereken değerler:

Cıvata:	6-Köşe Cıvata M14-70/34 - 8.8 İmalattan sonra islah edilmiş.
Sıkma metodu:	Tork anahtarı ile torsiyon moment kontrollü sıkma.
Sıkma momenti:	$M_{S1} = 92 \pm 20 \text{ Nm}$

2.6 Örnek 6, Eksen dışı yük, moment ve ısı etkisinde flanş bağlantısı

Aşağıda gösterilen ısı makinasındaki flanş bağlantısı (Şekil 20) kontrol edilmelidir.



Şekil 20, Flanş bağlantısı

Cıvata adedi

$$n_{C1} = 24$$

Cıvata-taksimat çapı

$$d_{tC1} = 425 \text{ mm}$$

Cıvata çapı birkaç iterasyondan sonra 16 mm olarak seçilir.

Bu hesaplarda parçaların biri birinden ayrılmaları ile enine hareketten doğan eğilme gerilimi ana rolü oynarlar.

Sitede verilmiş hesap lama programı ile hesaplar çok çabuk yapılır.

2.6.1 Bağlantının hassas kontrolü

1. Cıvatanın montaj değerleri bak Tablo 2 ve Tablo 3

6-Köşe Cıvata M16-130/44

NiCrTiAlF100, W.Nr.2.4952.60 , DIN17745

İşletme kuvveti, dinamik	$F_{i\dot{s} \max} =$	4'500 N
	$F_{i\dot{s} \min} =$	300 N
Enine işletme kuvveti	$F_E =$	120 N
Sürtünme katsayısı	$\mu_{Sü} =$	0,12
Cıvatanın enine kayması	$h_T =$	0,103 mm
Gerekli sıkıştırma	$F_{S11} =$	100 N

2. Cıvatanın montaj ve işletme değerleri bak Tablo 2 ve Tablo 3

		Montajda	İşletmede
Isı	T (°C)	20	350
Kopma mukavemeti	R_m (MPa)	1'000	895
Akma mukavemeti	R_e (MPa)	640	545
Elastiklik modülü	E_{C1} (MPa)	183'000	165'000
Genişleme faktörü, $T_{İ\dot{S}} = 350^\circ\text{C}$ için	α	---	$\alpha_{LC1} = 13,9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

3. Vida ve konstruksiyon değerleri

bak Tablo 2 ve Tablo 3

Anma çapı	6-Köşe Civata	$d = 16 \text{ mm}$
Adım veya hatve bak	veya	$P_{C1} = 2 \text{ mm}$
Cıvatanın boyu		$L_{C1} = 130 \text{ mm}$
Vidanın boyu		$b = 44 \text{ mm}$
Toplam sıkılan boy	$L_{S1} \geq 4 \cdot d$	$L_{S1} = 100 \text{ mm}$
Bölüm dairesi çapı	$d_2 = d - 0,64952 \cdot P_{C1}$	$d_2 = 14,701 \text{ mm}$
Helis açısı $\varphi_P = P_{C1}/(\pi \cdot d_2)$	$\varphi_S = \text{atan } \varphi_P$	$\varphi_S = 2,479624^\circ$
Diş dibi çapı	$d_3 = d - 1,22687 \cdot P_{C1}$	$d_3 = 13,546 \text{ mm}$
Diş dibi kesitinin alanı	$A_3 = \pi \cdot d_3^2/4$	$A_3 = 144,1 \text{ mm}^2$
Anahtar ağızı		$s = 24 \text{ mm}$
Kafa altı dış çapı		$d_D = 22,5 \text{ mm}$
Geçiş deliği		$d_G = 17,5 \text{ mm}$
Kafa altı iç çapı $d_{yKG} = 0$ kabul edilir	$d_{KI} = d_G + 2 \cdot d_{yKG}$	$d_{KI} = 17,5 \text{ mm}$
Şaft çapı	$d_S = d$	$d_S = 16 \text{ mm}$
Şaft alanı	$A_S = \pi \cdot d^2/4$	$A_S = 201,1 \text{ mm}^2$
Anma alanı	$A_{AN} = A_S$	$A_{AN} = 201,1 \text{ mm}^2$
Vidasız şaft boyu	$L_S = L_{C1} - b$	$L_S = 86 \text{ mm}$
Vidalı şaft boyu	$L_V = L_{S1} - L_S$	$L_V = 14 \text{ mm}$
Gerilim çapı	$d_{GE} = (d_2 + d_3)/2$	$d_{GE} = 14,124 \text{ mm}$
Gerilme kesiti alanı	$A_{GE} = \pi \cdot d_{GE}^2/4$	$A_{GE} = 156,7 \text{ mm}^2$
Eğilme karşı koyma momenti	$W_{eğ} = \pi \cdot d_3^3/32$	$W_{eğ} = 244 \text{ mm}^3$
Torsiyon karşı koyma momenti	$W_t = \pi \cdot d_3^3/16$	$W_t = 488 \text{ mm}^3$

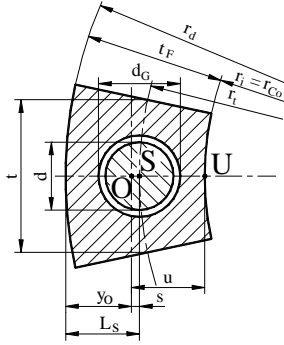
4. Bağlanan parçaların değerleri

Literatürden	1. Parça	2. Parça
Malzeme (özel döküm)	GGG 40 Si	GGG 40 Si
Kalınlık	$L_{SIKP1} = 30 \text{ mm}$	$L_{SIKP2} = 70 \text{ mm}$
Elastiklik modülü, montajda	$E_{P1} = 168 \text{ 000 MPa}$	$E_{P2} = 168 \text{ 000 MPa}$
İşletmede parçanın ısısı	$T_{P1İŞ} = 350 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{P2İŞ} = 380 \text{ }^\circ\text{C}$
Elastiklik modülü, işletmede	$E_{P1İŞ} = 149 \text{ 000 MPa}$	$E_{P2İŞ} = 147 \text{ 000 MPa}$
Isıl genleşme katsayısı	$\alpha_{orLP1} = 13 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$	$\alpha_{orLP2} = 13,25 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$
Parçaların toplam sıkma boyu	$L_{SIKP} = L_{SIKP1} + L_{SIKP2}$	$L_{SIKP} = 100 \text{ mm}$
Montajda yüzey basınç sınırı, Tablo 23		$P_S = 700 \text{ MPa}$
İşletme yüzey basınç sınırı $P_{Sİİ} = P_S \cdot E_{P1İŞ}/E_{P1}$		$P_{Sİİ} = 620 \text{ MPa } 350^\circ\text{C de}$

5. Sürtünme katsayıları ve açıları

Vidada sürtünme katsayısı	bak Tablo 13	$\mu_{Vi} = 0,12$
Vidanın sürtünme açısı	$\rho_{Vi} = \text{atan } \mu_V$	$\rho_{Vi} = 6,84277^\circ$
Kafada sürtünme katsayısı	bak Tablo 13	$\mu_B = 0,12$
Kafada sürtünme açısı	$\rho_B = \text{atan } \mu_B$	$\rho_B = 6,84277^\circ$

Bağlanan parçaların ayrılmaması için gereken sıkıştırma kuvveti “ F_{Si2} ”



Şekil 21, Temas kesiti

$$F_{Si2} = \frac{(a-s) \cdot u}{k_B^2 + s \cdot u} \cdot F_{I\dot{S} \max} \quad F_{Si2} = 40,89 \text{ kN}$$

$$a = (a-s) + s \quad a = 63,024 \text{ mm}$$

$$a-s = \frac{2 \cdot d_t - d_{Co}^2}{8 \cdot d_t} \quad a-s = 62,654 \text{ mm}$$

$$A_T = \pi \cdot (r_d^2 - r_i^2) / n_C \quad A_T = 2225 \text{ mm}^2$$

“s” mesafesi

$$s = L_S - y_0 \quad s = 0,369 \text{ mm}$$

“ L_S ” mesafesi

$$L_S = 0,5 \cdot (d_d - d_t) \quad L_S = 20 \text{ mm}$$

Geçiş deliği boşluklu trapezin ağırlık merkezi “ y_0 ” mesafesi

$$y_0 = \frac{y_T \cdot A_T - L_S \cdot A_G}{A_{T0}} \quad y_0 = 19,631 \text{ mm}$$

Tam trapezin ağırlık merkezi “ y_T ” mesafesi

$$y_T = \frac{t_F}{3} \cdot \frac{r_t + 2 \cdot r_i}{r_t + r_i} \quad y_T = 19,671 \text{ mm}$$

Geçiş deliği alanı

$$A_G = 0,25 \cdot \pi \cdot d_G^2 \quad A_G = 241,0 \text{ mm}^2$$

Geçiş deliği boşluklu trapezin alanı

$$A_{T0} = A_T - A_G \quad A_{T0} = 1'985 \text{ mm}^2$$

“u” mesafesi

$$u = t_F - y_0 \quad u = 20,4 \text{ mm}$$

Taksimat

$$t_C = \pi \cdot d_t / n_C \quad t_C = 55,6 \text{ mm}$$

Sıkıştırma basıncı etkisindeki kapalı alanın ataletmomentinin alanına oranı “ k_B^2 ”

$$k_B^2 = \frac{I_{BT}}{A_T} \quad k_B^2 = 133 \cdot \text{mm}^2$$

Sıkıştırma basıncı etkisindeki kapalı alanın atalet momenti

$$I_{BT} = \frac{t_C \cdot t_F^3 \cdot (r_d^2 + 4 \cdot r_d \cdot r_i + r_i^2)}{36 \cdot r_t \cdot (r_d + r_i)} \quad I_{BT} = 295'830 \text{ mm}^4$$

Toplam sıkıştırma kuvveti

$$F_{Si} = F_{Si1} + F_{Si2} \quad F_{Si} = 40,9 \text{ kN}$$

Gerekli toplam sıkıştırma kuvveti

$$F_{Si \text{ GER}} = 2 \cdot F_{Si} \quad F_{Si \text{ GER}} = 82 \text{ kN}$$

6. Hesap için gereken diğer değerler bak Tablo 2.9

6.1 Tork anahtarı ile sıkma momenti faktörü

$$\alpha_{SI} = 1,6$$

6.2 Sıkıştırma momenti

Cıvatanın sıkıştırma momentini hesaplamamız gerekir.

Cıvatanın montajdaki çekme gerilimi

$$\sigma_{\dot{C}M} = \frac{0,9 \cdot R_{p0,2}}{\sqrt{1 + 3 \cdot \left[\frac{4}{d_0} \cdot \left(\frac{P}{2 \cdot \pi} + \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \cdot d_2 \cdot \mu_{Vi} \right) \right]^2}} \quad \sigma_{\dot{C}M} = 482 \text{ MPa}$$

Montajda boyuna sıkıştırma kuvveti

$$F_{\dot{O}nM} = \sigma_{\dot{C}M} \cdot A_{GE} = \sigma_{\dot{C}M} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{GE}^2 \quad F_{\dot{O}nM} = 75,5 \text{ kN}$$

6.5 Sıkılan parçaların elastik esnekliği δ_P :**Sıkılan parçaların elastik esnekliğine eşdeğer kaval silindirin kesit alanı**Konstruksiyonda D_{DPhe}

$$D_{DPhe} = d_{KD} + 2 \cdot \tan \varphi \cdot L_{P1}$$

Seçilen D_{DP} ve Burada ,

Böylece:

$$x = 3 \sqrt{\frac{L_{S1} \cdot d_D}{D_P^2}}$$

Eşdeğer kaval silindirin kesit alanı,

$$d_D = 22,5 \text{ mm} < D_{DPhe} = 57,1 \text{ mm} < d_{KD} + L_{S1} = 123 \text{ mm}$$

$$A_{E\mathcal{S}} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_D^2 - d_G^2) + \frac{\pi}{8} \cdot d_D \cdot (D_P - d_D) \cdot [(x+1)^2 - 1]$$

Montajda elastik esneklik δ_P

$$1. \text{ Parçanın esnekliği bak } \delta_{P1} = \frac{L_{k1}}{A_{E\mathcal{S}} \cdot E_{P1}}$$

$$D_{DPhe} = 57,1 \text{ mm}$$

$$d_{DP} = 57,1 \text{ mm}$$

$$x = 0,8837$$

$$A_{E\mathcal{S}} = 936,1 \text{ mm}^2$$

$$\delta_{P1} = 0,191 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

$$2. \text{ Parçanın esnekliği bak } \delta_{P2} = \frac{L_{k1}}{A_{E\mathcal{S}} \cdot E_{P2}}$$

$$\delta_{P2} = 0,445 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

Montajda parçaların elastik esnekliği $\delta_P = \delta_{P1} + \delta_{P2}$

$$\delta_P = 0,636 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

İşletmede elastik esneklik $\delta_{Piş}$

$$1. \text{ Parçanın esnekliği bak } \delta_{P1iş} = \frac{L_{k1}}{A_{E\mathcal{S}} \cdot E_{P1iş}}$$

$$\delta_{P1iş} = 0,215 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

$$2. \text{ Parçanın esnekliği bak } \delta_{P2iş} = \frac{L_{k1}}{A_{E\mathcal{S}} \cdot E_{P2iş}}$$

$$\delta_{P2iş} = 0,509 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

Montajda parçaların elastik esnekliği

$$\delta_{Piş} = \delta_{P1iş} + \delta_{P2iş}$$

$$\delta_{Piş} = 0,7238 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$$

$$\delta_{Piş}^* = \delta_{Piş} \cdot \left(1 + \frac{s^2 \cdot A_{E\mathcal{S}}}{I_{BT}} \right)$$

$$\delta_{Piş}^* = 0,7241 \cdot 10^{-6} \cdot \text{mm/N}$$

$$\delta_{Piş}^{**} = \delta_{Piş} \cdot \left(1 + \frac{a \cdot s \cdot A_{E\mathcal{S}}}{I_{BT}} \right)$$

$$\delta_{Piş}^{**} = 0,777 \cdot 10^{-6} \cdot \text{mm/N}$$

6.6. Kuvvet dağılım faktörü “n”

$$n = 0,5$$

6.7. Kuvvet oranı “ ϕ ”

$$\text{Montajda : bak } \phi' = \frac{\delta_P}{\delta_{Ci} + \delta_P}$$

$$\phi' = 0,152077$$

$$\phi = \phi' \cdot n$$

$$\phi = 0,0760387$$

$$\text{İşletmede: } \phi'_{i\mathcal{S}} = \frac{\delta_{Piş}^{**}}{\delta_{Ci\mathcal{S}} + \delta_{Piş}^*}$$

$$\phi'_{i\mathcal{S}} = 0,1666983$$

$$\phi_{i\mathcal{S}} = \phi'_{i\mathcal{S}} \cdot n$$

$$\phi_{i\mathcal{S}} = 0,0833492$$

6.8. Oturmadan dolayı kaybedilen ön germe kuvveti F_{Ot} , Tablo 22

Vida yüzeyi	$R_z \approx 16 \mu\text{m}$	$f_{Ot1} = 0,003 \text{ mm}$
Cıvata başı / Somun temas yüzeyi	$R_z \approx 16 \mu\text{m}$	$f_{Ot2} = 0,006 \text{ mm}$
Parçalar arası 1 yüzey	$R_z \approx 16 \mu\text{m}$	$f_{Ot2} = 0,002 \text{ mm}$
	$f_{Ot} = f_{Ot1} + f_{Ot2} + f_{Ot3}$	$f_{Ot} = 0,011 \text{ mm}$
	$F_{Ot} = \frac{f_{Ot}}{\delta_{Ci} + \delta_P}$	$F_{Ot} = 2,377 \cdot 10^3 \text{ N}$

6.9. Isı etkisi

Isının cıvataya etkisi	$\Delta L_C = \alpha_C \cdot L_{SIK} \cdot \Delta T_C$	$\Delta T_C = T_{Ciş} - T_M$	$\Delta L_C = 0,459 \text{ mm}$
Isının parçalara etkisi	$\Delta L_P = \Delta L_{P1} + \Delta L_{P2}$		
	$\Delta L_{P1} = \alpha_{P1} \cdot L_{SIK1} \cdot \Delta T_{P1} = 0,1287$		$\Delta L_P = 0,4626 \text{ mm}$
	$\Delta L_{P2} = \alpha_{P2} \cdot L_{SIK2} \cdot \Delta T_{P2} = 0,3339$		
	$\Delta L_{S1} = \Delta L_P - \Delta L_C$		$\Delta L_{S1} = 0,0039 \text{ mm}$
Boy uzama farkından doğan kuvvet $\Delta F_{ÖNT}$	$\Delta F_{ÖNT} = \frac{\Delta L}{\delta_{CT} + \delta_{PT}}$		$\Delta F_{ÖNT} = 837 \text{ N}$

6.10. İşletmedeki ön germe kuvveti " $F_{ön}$ "

$F_{ön\max} = F_{önM\max} + \Delta F_{ön} - F_{Ot}$	$F_{ön\max} = 71'429 \text{ N}$
$F_{ön\min} = \frac{F_{önM\max}}{\alpha_{S1}} + \Delta F_{ön} - F_{Ot}$	$F_{ön\min} = 44'072 \text{ N}$

6.11. İşletme kuvvetinin dağılımı

Cıvatada ek kuvvet " F_{Ek} "	$F_{Ek\max} = 375 \text{ N}$
$F_{Ek\max} = F_{İş\max} \cdot \phi_{İş}$ $F_{Ek\min} = F_{İş\min} \cdot \phi_{İş}$	$F_{Ek\min} = 25 \text{ N}$
Parçaların aldığı kuvvet " F_{PA} "	$F_{PA\max} = 4'125 \text{ N}$
$F_P = F_{İş} - F_{Ek} = F_{İş} \cdot (1 - \phi)$	$F_{PA\min} = 275 \text{ N}$
Cıvatayı zorlayan max. kuvvet " $F_{ön}$ " bak	$F_{Ctop} = 71'804 \text{ N}$
$F_{Ctop} = F_{ön\max} + F_{Ek\max}$	
İşletmedeki en küçük sıkıştırma kuvveti " $F_{S1\min}$ "	$F_{S1\min} = 39'947 \text{ N}$
$F_{S1\min} = F_{ön\min} - F_{PA\max}$	

6.12 Torsiyon momentini taşıyan kesit adedi

Enine kuvvetten doğan bir cıvatadaki normal kuvvet	$q_{FE} = 1$
$F_{NE} = \frac{F_E}{q_{FE} \cdot \mu_{Sü}}$	$F_{NE} = 1'000 \text{ N}$
Gerekli toplam minimum sıkıştırma kuvveti	$F_{SIKtop} = 41'887 \text{ N}$
$F_{SIKtop} = F_{S1} + F_{S2} + F_{NE}$	

7. Mukavemet değerlerinin kontrolü

7.1 Montajda bileşik gerilim

Vidadaki sürtünme momenti

$$M_{Vi} = 0,5 \cdot F_{\zeta e} \cdot d_2 = F_{\text{önM}} \cdot d_2 / 2 \cdot \tan(\varphi \pm \rho')$$

$$M_{Vi} = 88 \text{ Nm}$$

Vidadaki torsiyon gerilimi “ τ_t ”

$$\tau_t = \frac{M_{Vi}}{W_t}$$

$$\tau_t = 180 \text{ MPa}$$

Cıvatanın montajdaki çekme gerilimi “ $\sigma_{\zeta M}$ ”

$$\sigma_{\zeta M} = \frac{F_{\text{ön max}}}{A_{GE}}$$

$$\sigma_{\zeta M} = 466 \text{ MPa}$$

Montajda bileşik gerilim “ σ_{BiM} ”

$$\sigma_{BiM} = \sqrt{\sigma_{\zeta M}^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$$

$$\sigma_{BiM} = 561 \text{ MPa}$$

7.2. Montajda temas yüzeyi basma gerilimi

Basma yüzey alanı “ A_b ”

$$A_b = 0,25 \cdot \pi \cdot (d_D^2 - d_a^2)$$

$$A_b = 157,1 \text{ mm}^2$$

Montajda temas yüzeyi basıncı

$$p_M = F_{\text{önM}} / A_b$$

$$p_M = 464 \text{ MPa}$$

7.3. İşletmede bileşik gerilim “ σ_{Bi} ”

Cıvatanın işletmedeki çekme gerilimi

$$\sigma_{\zeta} = \frac{F_{Ci \max}}{A_{GE}}$$

$$\sigma_{\zeta} = 458 \text{ MPa}$$

Cıvatada eğilme momenti

$$M_{eğ} = F_{i\zeta \max} \cdot a$$

$$M_{eğ} = 385 \text{ Nm}$$

Eğilme gerilimi

$$\sigma_{eğ} = \beta_{eğ} \cdot \frac{M_{eğ}}{W_{eğ}}$$

$$\sigma_{eğ} = 9 \text{ MPa}$$

Toplam normal gerilim

$$\sigma_N = \sigma_{\zeta} + \sigma_{eğ}$$

$$\sigma_N = 467 \text{ MPa}$$

İşletmede bileşik gerilim “ σ_{Bi1} ”

$$\sigma_{Bi1} = \sqrt{\sigma_N^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$$

$$\sigma_{Bi1} = 562 \text{ MPa}$$

Enine kaymadan eğilme gerilimi

$$\sigma_{hy} = \frac{3 \cdot E_{Ci \text{ iş}} \cdot h_T \cdot d}{L_{S1}^2}$$

$$\sigma_{hy} = 82 \text{ MPa}$$

Toplam normal gerilim

$$\sigma_{Nhy} = \sigma_{\zeta} + \sigma_{eğ} + \sigma_{hy}$$

$$\sigma_{Nhy} = 584 \text{ MPa}$$

İşletmede bileşik gerilim “ σ_{Bi2} ”

$$\sigma_{Bi2} = \sqrt{\sigma_{Nhy}^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$$

$$\sigma_{Bi2} = 631 \text{ MPa}$$

7.4. İşletmede temas yüzeyi basma gerilimi

İşletmede temas yüzey basıncı

$$p_{i\zeta} = \frac{F_{Ci \text{ top}}}{A_b} + \beta_{eğ} \cdot \frac{F_{i\zeta \max} \cdot a}{W_P}$$

$$p_{i\zeta} = 460 \text{ MPa}$$

$$W_P = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_D^4 - d_G^4}{d_D}$$

$$W_P = 709 \text{ mm}^3$$

7.5. Devamlı mukavemet değerleri, genlik gerilimi

İşletmedeki genlik kuvveti “ F_g ”

$$F_g = \pm \frac{F_{i\zeta \text{ ü}} - F_{i\zeta \text{ a}}}{2} \cdot \phi$$

$$F_g = 175 \text{ N}$$

Cıvatada genlik gerilimi “ σ_g ”

$$\sigma_g = \pm \frac{F_g}{A_3}$$

$$\sigma_g = 1,21 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{geğ} = \beta_{eğ} \cdot \frac{F_g \cdot a}{W_{eğ}}$$

$$\sigma_g = 0,33 \text{ MPa}$$

Toplam genlik gerilimi $\sigma_{gtop} = \sigma_g + \sigma_{geğ}$

$$\sigma_{gtop} = 1,5 \text{ MPa}$$

Cıvatanın emniyetli genlik mukavemet değeri

$$\sigma_G = 40 \text{ MPa}$$

8. Emniyet katsayıları

8.1. Montajdaki değerler

I	Montajda akma mukavemeti emniyeti	$S_{AM} = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{biM}}$	$S_{AM} = 1,14$
II	Montajda temas yüzeyleri basıncı emniyeti	$S_{ApM} = \frac{p_{S11}}{p_M}$	$S_{ApM} = 1,51$

8.2. İşletmedeki değerler

III	İşletmede akma mukavemeti emniyeti (enine kaymasız)	$S_{Aiş} = \frac{R_{p0,2İş}}{\sigma_{bii1}}$	$S_{Aiş} = 0,97$
IV	İşletmede temas yüzeyleri basıncı emniyeti	$S_{piş} = \frac{p_{S1}}{p_{iş}}$	$S_{piş} = 1,35$
V	İşletmede enine kaymasız genlik mukavemet emniyeti	$S_{DMiş} = \frac{\sigma_G}{\sigma_{gtop}}$	$S_{DMiş} = 25,88$
VI	Sıkıştırma kuvvetinin durumu	$S_{S1} = \frac{F_{S1min}}{F_{S1GER}}$	$S_{S1} = 1,05$
VII	İşletmede devamlı mukavemet emniyeti (enine kayma ile)	$S_{Değ} = \frac{\sigma_{BiT}}{\sigma_{Değ}}$	$S_{Değ} = 1,24$

İşletmede bağlantının fonksiyonunu yapamaması kötü sonuçlar doğuracaksa, bağlantı ve cıvata için çeşitli deneyler yapıp sonra konstruksiyon imalata ve işletmeye alınmaya müsaade edilir.

Burada bütün orantı değerleri 1 den büyük oldukları için, hesapsal olarak, konstruksiyonun işletmede sağlıklı çalışacağı söylenebilir.

Cıvata bağlantısında bilinmesi gereken değerler:

Cıvata: 6-Köşe Cıvata M16-130/44 – Nimonic 80 A
NiCrTiAlF100, W.Nr.2.4952.60 , DIN17745

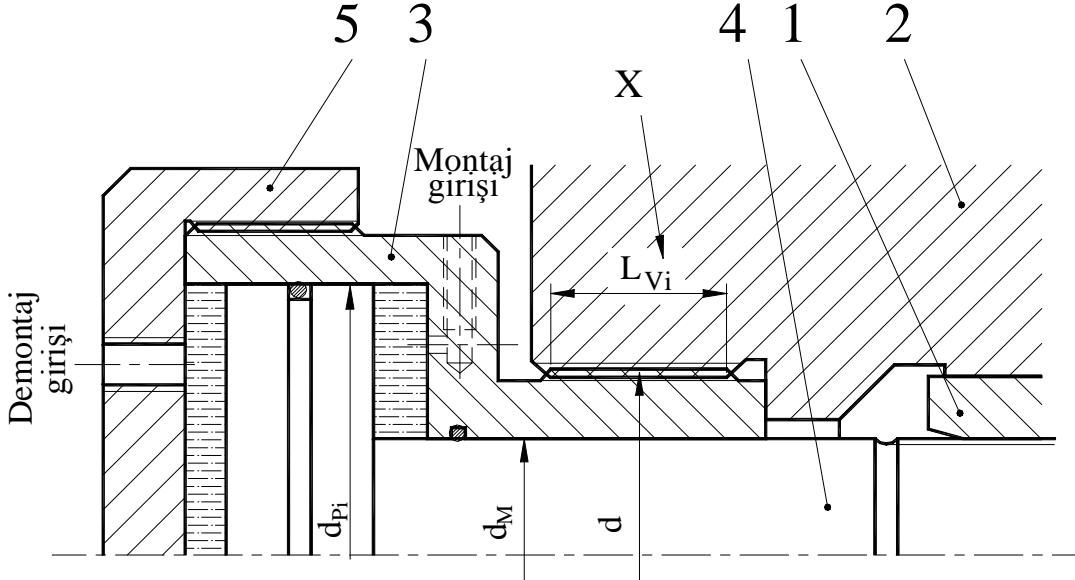
Sıkma metodu: Tork anahtarı ile torsiyon moment kontrollü sıkma.
Cıvata gayet hafif yağlı.

Sıkma momenti: $M_{S1} = 150 \pm 35 \text{ Nm}$

2.7 Örnek 7, Montaj aparatı

Herhangi bir makinede mili (Poz 1) göbeğe (Poz 2) montaj ve demontajı için Şekil 22 ile taslağı çizilmiş olan montaj aparatı kullanılacaktır.

Aparatın arızasız çalışıp çalışmayacağına karar vermek için, X ile işaretlenmiş vida boyunun montaj ve demontajdaki kuvvetleri taşıyıp taşımayacağı kontrol edilecektir.



Şekil 23, Montaj aparatı

Bilinenler:

En büyük basınç	$p_{max} = 1'100 \text{ bar}$
Milin çapı	$d_M = 24 \text{ mm}$
Vidanın tanımı, metrik ISO ince dişli vida	M 48 x 3
Pistonun dış çapı	$d_{Pi} = 58 \text{ mm}$
İstenilen genel emniyet katsayısı	$S_{EMGER} = 2$
Vidanın boyu	$L_{Vi} = 60 \text{ mm}$

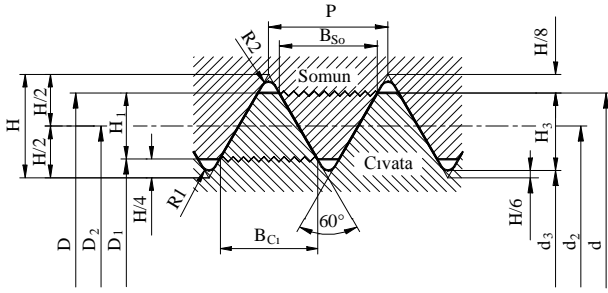
Malzemeler

P1	Kovan	C 45	1.0503
P2	Kasnak (Göbek)	GK-AlSi9Cu3	3.2315.02
P3	Vidalı kovan	C 45	1.0503
P4	Piston	42CrMo4	1.7225
P5	Kapak	C 45	1.0503

2.7.1 Çözüm

En büyük basınç	$p_{\max} = 1'100 \text{ bar}$	$p_{\max} = 110 \text{ MPa}$
Pistonun kopma mukavemeti	42CrMo4 1.7225	$R_{p0,2} = 1100 \text{ MPa}$
Kasnağın kopma mukavemeti	GK-AlSi9Cu3, 3.2315.02	$R_e = 180 \text{ MPa}$
Montaj alanı	$A_{Mo} = \pi \cdot (d_{Pi}^2 - d_M^2) / 4$	$A_{Mo} = 2'190 \text{ mm}^2$
Demontaj alanı	$A_{DM} = \pi \cdot d_{Pi}^2 / 4$	$A_{DM} = 2'642 \text{ mm}^2$
Max. Kuvvet, demontajda etkin	$F_{\max} = p_{\max} \cdot A_{DM} \cdot S_{EMGER}$	$F_{\max} = 581'257 \text{ N}$

Burada hesap, kasnağın mukavet değeri daha küçük olduğu için, kasnaktaki vidanın kopma mukavemetine göre yapılır.



$$P = 3 \text{ mm}$$

$$H = P \cdot \cos(\beta/2) \text{ bak Tablo 4,}$$

$$H = 3 \cdot \cos 30^\circ = 3 \cdot 0,86603$$

$$H = 2,598 \text{ mm}$$

Somun vidasının kesmeye zorlanan eni:

$$B_{So} = P - H/8$$

$$B_{So} = 2,675 \text{ mm}$$

Somunun bir vidasının kesmeye zorlanan alanı:

$$A_{\tau So} = \pi \cdot d \cdot B_{So}$$

$$A_{\tau So} = 403,417 \text{ mm}^2$$

Somunun kesmeye karşı mukavemeti

$$\tau_{KE} = 0,8 \cdot R_e$$

$$\tau_{KE} = 144 \text{ MPa}$$

Somundaki gerekli taşıyıcı diş sayısı

$$n_{So} = F_{\max} / (A_{\tau So} \cdot \tau_{KE})$$

$$n_{So} = 10,006$$

Somundaki toplam diş sayısı:

İki uç için emniyette olmak için 6 diş alınır.

$$n_{top} \approx 16$$

$$n_{top} = n_{So} + 6$$

Vidanın imalattaki gerekli boyu:

$$L_{ViGER} = n_{top} \cdot P$$

$$L_{ViGER} = 48 \text{ mm}$$

Taslakta $L_{Vi} = 60 \text{ mm}$ olduğundan konstruksiyonun doğruluğu kabul edilir.

B		K	
Basitleştirilmiş kuvvet orantısı	24	Kuvvet dağılım faktörü	24
Boru vidaları	10	O	
C		Önerilen sıkma momentleri.....	20
Cep somunda vida boyu.....	15	Oturma değeri f_{Ot}	23
Ç		S	
Çeşitli Cıvatalar	11	Sıkma momenti	19
C		Sıkma momenti faktörü α_{S1}	21
Cıvata da yüzey basıncı sınır değerleri	23	Standart Cıvatalar.....	6
D		Standart cıvataların malzemesi	21
Dış vida.....	13	Standart Cıvataların malzemesi	14
G		sürtünme katsayısı.....	16
Genel sürtünme katsayısı	19	V	
I		Vidada hatve	5
İç vida	12		
İnce dişli Cıvatalar	8		