

4.10 Les rondelles ressorts

Rondelles ressorts coniques statiques (dites Belleville)

Éléments de calcul

Rondelle montée seule

Charge et flèche correspondant à la rondelle

Rondelles montées empilées dans le même sens

Addition des charges
Flèche unitaire divisée par le nombre de rondelles

Rondelles montées empilées en sens contraire

Charge correspondant à une rondelle
Addition des flèches

Montage mixte

Addition des charges
Addition des flèches

4.10-1

Guidage des rondelles

Guidage de l'empilage alterné

Paquets et empilages de rondelles ressorts sont guidés par des éléments tels que, par exemple :

- une broche de guidage (guidage intérieur, voir figure 4.10-2a) ;
- un manchon de guidage (guidage extérieur, voir fig 4.10-2b) ;
- ou par des mesures autocentrées : guidage par billes (voir fig 4.10-2c) ou par des segments en fil métallique écroui.

Guidage et jeu conseillé

Quand les rondelles ressorts sont empilées en colonnes, il faut alors qu'elles soient guidées sur le bord intérieur ou extérieur.

Dans le cas d'un guidage intérieur, l'axe de guidage devrait avoir une surface lisse avec dureté de 52 HRC.

Pour le jeu entre l'élément de guidage et le ressort, on conseille les valeurs indiquées dans le tableau 4.10-4.

Les ressorts devraient travailler dans la mesure du possible entre $s = 0,1 \cdot h_0$ et $s = 0,75 \cdot h_0$.

4.10-4

Diamètre interne (mm)	Jeu T min.
4,2 à 14,2	0,2
16,3 à 18,3	0,3
20,4 à 25,4	0,4
28,5	0,5
31 à 64	1,0
72 à 127	2,0

4.10-2

Guidage des ressorts : intérieur (a), extérieur (b).
Jeu T entre les ressorts et l'élément de guidage

4.10-3

Dimensions et valeurs des charges

4.10-5 Caractéristiques dimensionnelles

Diamètre de désignation de d (mm)	d ₁ H14 (mm)		d ₂ Js15 (mm) nom.	s (mm) nom.	H avant premier serrage (mm)		b 2H12 ⁽¹⁾ (mm)
	min.	max.			min.	max.	
5	5,30	5,60	11	1,2 ± 0,04	1,5	1,8	0,36
			15 ± 0,35	1,4 ± 0,04	1,8	2,1	
			12 ± 0,35	1,7	2,0	0,36	
6	6,40	6,76	14 ± 0,35	1,4 ± 0,04	1,7	2,0	0,36
			18 ± 0,35	1,5	1,9	2,2	0,36
			18 ± 0,35	1,7 ± 0,05	2,1	2,4	0,36
8	8,40	8,76	16 ± 0,35	1,9 ± 0,05	2,3	2,6	0,36
			18 ± 0,35	2,0 ± 0,05	2,4	2,7	
			22 ± 0,42	2,2 ± 0,05	2,6	3,0	
10	10,50	10,93	20 ± 0,42	2,2 ± 0,05	2,7	3,1	0,42
			22 ± 0,42	2,4 ± 0,05	2,9	3,3	
			27 ± 0,42	2,8 ± 0,06	3,3	3,7	
12	13,00	13,43	24 ± 0,42	2,8 ± 0,06	3,2	3,6	0,42
			30 ± 0,42	3,2 ± 0,06	3,8	4,2	
			[14] ⁽²⁾	3,5	3,9	0,42	
16	17,00	17,43	32 ± 0,50	3,4 ± 0,06	3,9	4,3	0,50
			39 ± 0,50	3,6 ± 0,06	4,3	4,7	
			45 ± 0,50	4,0 ± 0,07	4,7	5,1	
20	21,00	21,52	45 ± 0,50	4,4 ± 0,07	5,9	6,4	0,50
			45 ± 0,50	4,4 ± 0,07	5,9	6,4	

1. La tolérance b se rapporte à la dimension d₁.
2. L'emploi du diamètre d = 14 doit être évité si possible.

4.10-6 Caractéristiques d'épreuves

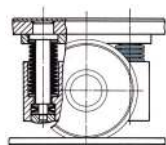
Diamètre de désignation d (mm)	D2 nom. (mm)	S nom. (mm)	Charge d'épreuve F ⁽¹⁾ (N)	Flèche après essai ⁽²⁾ min (mm)	Couple de serrage (essai de fragilité) (N.m)
5	11	1,2	8 200	0,15	7,1
	15	1,4	8 200	0,25	7,1
6	12	1,4	11 600	0,15	12
	14	1,5	11 600	0,20	12
	18	1,7	11 600	0,25	12
8	16	1,9	21 200	0,20	29
	18	2,0	21 200	0,22	29
	22	2,2	21 200	0,30	29
10	20	2,2	33 700	0,25	58
	22	2,4	33 700	0,30	58
	27	2,8	33 700	0,35	58
12	24	2,8	48 900	0,25	100
	30	3,2	48 900	0,40	100
[14] ⁽²⁾	28	3,0	66 700	0,30	160
16	32	3,4	91 000	0,35	245
	39	3,6	91 000	0,50	245
20	38	4,0	147 000	0,50	460
	45	4,4	147 000	0,60	460

1. La charge d'épreuve de la rondelle équivaut à celle de la vis de même diamètre nominal en classe 8.8.
2. La flèche est égale, conventionnellement, à la différence entre la hauteur h et l'épaisseur réelles de la rondelle.

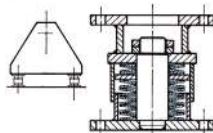
Exemples de montages



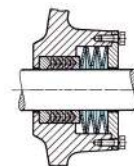
Montage de roulements à billes sur broche de fraisage



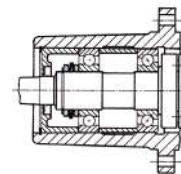
Suspension de véhicule
Rondelles ressorts montées en sens contraire



Amortisseurs de vibrations
Rondelles ressorts coniques en montage mixte



Maintien en compression des joints
Rondelles ressorts montées en sens contraire



Montage de roulements à billes de corps de pompe
Rondelles ressorts montées en sens contraire

4.10-7

Rondelles ressorts dynamiques DIN 2093

Norme ISO
en cours d'écriture

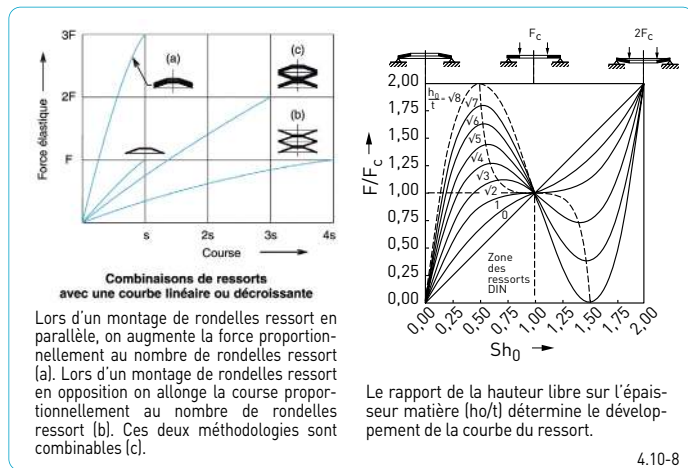
Les rondelles ressorts sont des anneaux de forme conique aplatis sur lesquels la charge s'exerce axialement. Selon leur application, les rondelles ressorts sont soit statiques, soit dynamiques et sont dénommées par, dans l'ordre :

- le diamètre extérieur D_e ,
- le diamètre intérieur D_i ,
- l'épaisseur matière t ,
- la hauteur libre L_0

Les rondelles ressorts se caractérisent par les propriétés suivantes :

- une force importante pour une faible course,
- un encombrement plus faible que tout autre type de ressort,
- des éléments empilables différemment permettent des courbes caractéristiques variées.

Les rondelles ressorts sont souvent utilisées dans les secteurs de la construction de machines et appareils pour l'industrie pétrolière, automobile, aéronautique ou domestique.



Vue d'ensemble des produits

Les rondelles ressorts conventionnelles

- rondelles ressort selon DIN 2093 : groupe 1, groupe 2, groupe 3 ;
- dimensions : diamètre extérieur de 8 à 800 mm
- matière selon DIN 2093 (DIN 17 221, DIN 17 222) et matières spéciales

Empilage de rondelles ressorts

Les rondelles ressorts sont généralement montées sous la forme d'un empilage.

Avantages :

- simplification du montage par le pré-assemblage,
- courbe «force-course» spécifique à l'empilage (machine moderne de contrôle d'effort allant jusqu'à 1000 kN),
- possibilité de diminuer les tolérances d'effort,
- exclusion des erreurs d'empilage par le contrôle à 100% de l'effort.

Exemples d'applications

Empilage de rondelles ressorts

Installations techniques, centrales électriques, constructions mécaniques.

Les empilages de rondelles ressorts s'utilisent comme ressort de suspension de chaudières ou de réservoirs. Ces rondelles ressorts compensent l'inflexion locale du plafond-porteur et garantissent ainsi un abaissement uniforme de la chaudière en cas de variations de charge et de dilatation thermique.

Compensation de jeu

Installations techniques, constructions mécaniques.

Les rondelles ressorts servent à compenser les jeux des tolérances de l'ensemble des composants.

Freins à compression

Installations techniques, constructions mécaniques et automobiles.

Par baisse de la pression de service, les rondelles ressorts développent l'effort de freinage nécessaire.

Rondelles ressorts

Classification selon DIN 2093 (tableau 4.10-10)

Les rondelles ressorts sont normalisées selon la DIN 2092 (rondelles ressorts : calcul) et la DIN 2093 (rondelles ressorts ; dimensions, exigences de qualité).

La DIN 2093 les divise en 3 groupes :

- groupe 1 : épaisseur t inférieure à 1,25 mm,
- groupe 2 : épaisseur t entre 1,25 et 6 mm,
- groupe 3 : épaisseur t entre 6 et 14 mm.

Les rondelles ressorts des groupes 1 et 2 sont fabriquées sans surfaces d'appui, celles du groupe 3 avec surface d'appui.

Matière de rondelles ressort

Pour les applications courantes l'acier ressort 51 CrV4 (n° 1.8159) est utilisé pour la fabrication des rondelles ressorts. L'utilisation des rondelles ressorts en basse ou haute, voire très haute température, ou bien en atmosphère corrosive peut également être envisagé sous réserve de spécification de matière selon le tableau 4.10-9.

Protection anticorrosive des rondelles ressorts

La protection standard des rondelles ressorts est la phosphatation zinc et huilage. Dans le cas où l'utilisation des rondelles ressorts demande une protection contre la corrosion supérieure ; nous sommes à même de vous proposer les alternatives suivantes :

- phosphatation zinc + cire,
- zingage galvanique + passivation,
- zingage mécanique + passivation 196 HBS,
- revêtement Delta-Tone / Delta-Seal,
- revêtement Geomet 500 A/B 600/1000 HBS,
- nickelage chimique.





4.10-9

Désignation	Numéro de matière	Module d'élasticité (kN/mm ²) à							
		20°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C
Ck 67	1,1231	206	202	-	-	-	-	-	-
50 CrV 4	1,8159	206	202	196	-	-	-	-	-
51 CrMo4	1,7701	206	202	196	-	-	-	-	-
X12 CrNi17 7	1,4310	190	185	178	-	-	-	-	-
X7 CrNiAl 17 7	1,4568	200	195	190	-	-	-	-	-
X5 CrNiMo 18 10	1,4401	190	185	178	-	-	-	-	-
X35 CrMo 17	1,4122	209	205	199	192	-	-	-	-
X30 WCrV 5 3	1,2567	206	202	196	189	178	-	-	-
X 22 CrMoV 12 1	1,4923	209	205	200	193	-	-	-	-
Cu Be 2	2,1247	135	131	126	-	-	-	-	-
Ni Bc 2	2,4132	200	195	189	182	176	-	-	-
Inconel 718 (Ni Cr 19 Nb Mo)	2,4568	200	196	190	186	179	172	-	-
Inconel X 750 (Ni Cr 15Fe 7 li Al)	2,4669	214	203	198	190	179	170	-	-
Nimonic go (Ni Cr 20 Co 18 Ti)	2,4969	206	701	195	189	181	175	167	160

Choix des rondelles ressort selon DIN 2093

4.10-10

Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)					
De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t
8	3,2	0,30	18	9,2	1,00	34	16,3	1,50	63	31	3,00	112	57	4,00	160	82	11,00	125,00	64,00	5,00	280	152	18,5	360	182	21,5
8	3,2	0,40	20	8,2	0,50	34	16,3	2,00	63	31	3,50	112	57	6,00	160	82	4,80	125,00	64,00	6,00	300	127	12	360	182	23
8	3,2	0,50	20	8,2	0,60	35,5	18,3	1,25	70	24,5	3,00	112	57	6,00	180	92	10,00	125,00	71,00	6,00	300	127	13	370	202	25
8	4,2	0,20	20	8,2	0,70	35,5	18,3	2,00	70	24,5	3,50	125	51	4,00	180	92	13,00	140,00	72,00	5,00	300	127	14	370	202	26
8	4,2	0,30	20	8,2	0,80	40	14,3	1,25	70	25,5	2,00	125	51	4,00	200	82	8,00	150,00	61,00	5,00	300	127	15,3	380	152	19
8	4,2	0,40	20	8,2	0,90	40	14,3	1,50	70	30,5	2,50	125	51	5,00	200	82	10,00	150,00	61,00	6,00	300	127	16	380	192	13,5
10	3,2	0,30	20	8,2	1,00	40	14,3	1,75	70	30,5	3,00	125	51	5,00	200	82	12,00	150,00	71,00	6,00	300	127	17	380	192	25
10	3,2	0,40	20	10,2	0,40	40	14,3	2,00	70	35,5	3,00	125	51	6,00	200	92	10,00	160,00	82,00	4,30	300	127	17,4	380	202	12
10	3,2	0,50	20	10,2	0,50	40	16,3	1,50	70	35,5	3,50	125	51	6,00	200	92	12,00	160,00	82,00	6,00	300	152	8,5	380	202	15
10	4,2	0,10	20	10,2	0,80	40	16,3	1,75	70	35,5	4,00	125	61	5,00	200	92	14,00	180,00	92,00	4,80	300	152	10	380	212	18
10	4,2	0,50	20	10,2	0,90	40	16,3	2,00	70	35,5	4,00	125	61	5,00	200	102	8,00	180,00	92,00	6,00	300	152	12	400	202	10
10	4,2	0,60	20	10,2	1,00	40	18,3	2,00	70	40,5	4,00	125	61	6,00	200	102	10,00	200,00	82,00	5,00	300	152	13	400	202	12
10	5,2	0,25	20	10,2	1,10	40	20,4	1,50	70	40,5	4,00	125	61	6,00	200	102	12,00	200,00	82,00	6,00	300	152	14	400	202	14
10	5,2	0,40	22,5	11,2	0,60	40	20,4	2,00	70	40,5	5,00	125	64	3,50	200	102	14,00	200,00	82,00	8,50	300	152	14,5	400	202	16
10	5,2	0,50	22,5	11,2	0,80	40	20,4	2,25	70	40,5	5,00	125	64	5,00	200	112	12,00	200,00	82,00	13,00	300	152	15	400	202	19
12	4,2	0,40	23	8,2	0,70	40	20,4	2,50	71	36	2,00	125	64	5,00	200	112	14,00	200,00	102,00	5,50	300	152	15,5	400	202	20,3
12	4,2	0,50	23	8,2	0,80	45	22,4	1,25	71	36	2,50	125	64	6,00	200	112	16,00	200,00	102,00	8,30	300	152	16,1	400	202	21,2
12	4,2	0,60	23	8,2	0,90	45	22,4	1,75	71	36	4,00	125	64	6,00	225	112	6,50	200,00	9,00	300,00	300	152	16,5	400	202	22,5
12	5,2	0,50	23	10,2	0,90	45	22,4	2,50	71	36	4,00	125	71	6,00	225	112	8,00	200,00	102,00	11,00	300	152	17	400	202	30
12	5,2	0,60	23	10,2	1,00	48	16,3	1,50	80	30,5	2,50	125	71	6,00	225	112	12,00	200,00	112,00	6,00	300	152	18	440	212	18,5
12	6,2	0,50	23	12,2	1,00	50	18,4	1,25	80	31	3,00	140	72	3,80	225	112	16,00	200,00	112,00	15,00	300	152	18,5	440	252	25
12	6,2	0,60	25	12,2	0,70	50	18,4	1,50	80	31	4,00	140	72	5,00	250	102	10,00	225,00	112,00	9,00	300	152	19,5	450	202	25,5
12,5	6,2	0,35	25	12,2	0,90	50	18,4	2,00	80	31	4,00	140	72	5,00	250	102	12,00	225,00	112,00	10,00	300	152	20	450	252	21
12,5	6,2	0,50	28	10,2	0,80	50	18,4	2,50	80	35,5	4,00	150	61	5,00	250	127	7,00	225,00	112,00	10,80	300	152	20,5	450	252	25
12,5	6,2	0,70	28	10,2	1,00	50	18,4	3,00	80	35,5	4,00	150	61	5,00	250	127	8,00	250,00	127,00	7,50	182	12	600	470	237	33
14	7,2	0,35	28	12,2	1,00	50	20,4	2,00	80	36	3,00	150	61	6,00	250	127	10,00	250,00	127,00	9,00	320	172	8,1	480	252	20,3
14	7,2	0,50	28	14,2	0,80	50	20,4	2,50	80	41	2,25	150	61	6,00	250	127	12,00	250,00	127,00	9,20	320	172	9	480	252	20,7
14	7,2	0,60	28	14,2	1,00	50	22,4	2,00	80	41	3,00	150	71	6,00	250	127	14,00	250,00	127,00	10,50	320	172	13	500	202	37
15	5,2	0,40	31,5	16,3	0,80	50	22,4	2,50	80	41	4,00	150	71	6,00	250	127	16,00	250,00	127,00	11,00	320	172	15	500	242	32
15	5,2	0,50	34	12,3	1,00	50	25,4	1,25	80	41	4,00	160	82	4,30	70,00	35,50	4,00	250,00	127,00	13,00	340	172	9,2	500	252	19
15	5,2	0,60	35,5	18,3	0,90	50	25,4	1,50	80	41	5,00	160,00	82,00	4,30	70,00	40,50	4,00	250,00	127,00	13,50	340	172	9,5	600	282	22
15	5,2	0,70	40	20,4	1,00	50	25,4	2,00	80	41	5,00	160	82	6,00	70	40,5	5,00	250,00	127,00	14,50	340	172	10,5	282	24	
15	6,2	0,50	22,5	11,2	1,25	50	25,4	2,25	90	46	2,50	160,00	82,00	10,00	71,00	36,00	4,00	250,00	127,00	15,00	340	172	11			
15	6,2	0,60	23	12,2	1,25	50	25,4	2,50	90	46	3,50	180	92	4,80	80,00	31,00	4,00	250,00	127,00	16,80	340	172	11,5			
15	6,2	0,70	23	12,2	1,50	50	25,4	3,00	90	46	5,00	180	92	6,00	80,00	35,50	4,00	250,00	127,00	17,50	340	172	12,5			
15	8,2	0,70	25	12,2	1,50	56	28,5	1,50	90	46	5,00	180	92	6,00	80,00	41,00	4,00	250,00	127,00	18,50	340	172	13,5			
15	8,2	0,80	28	10,2	1,25	56	28,5	2,00	100	41	4,00	180	92	6,00	80,00	41,00	5,00	270	127	10,65	340	172	13,7			
16	8,2	0,40	28	10,2	1,50	56	28,5	2,50	100	41	4,00	200	102	5,50	90,00	46,00	5,00	270	142	22	340	172	14,2			
16	8,2	0,60	28	12,2	1,25	56	28,5	3,00	100	41	5,00	200	102	5,50	100,00	41,00	4,00	280	127	12	340	172	14,6			
16	8,2	0,90	28	12,2	1,50	60	20,5	2,00	100	41	5,00	100	51	7,00	100,00	41,00	5,00	280	127	19	340	172	15,3			
18	6,2	0,40	28	14,2	1,25	60	20,5	2,50	100	51	2,70	125	61	8,00	100,00	51,00	4,00	280	142	12	340	172	15,8			
18	6,2	0,50	28	14,2	1,50	60	20,5	3,00	100	51	3,50	125	64	7,00	100,00	51,00	5,00	280	142	15	340	172	16,2			
18	6,2	0,60	31,5	16,3	1,25	60	25,5	2,50	100	51	4,00	125	64	8,00	100,00	51,00	6,00	280	142	16,6	340	172	17			
18	6,2	0,70	31,5	16,3	1,50	60	25,5	3,00	100	51	4,00	125	71	8,00	112,00	57,00	4,00	280	142	17,45	340	172	17,3			
18	6,2	0,80	31,5	16,3	1,75	60	30,5	2,50	100	51	5,00	125	71	10,00	112,00	57,00	6,00	280	142	18	340	172	18			
18	8,2	0,70	31,5	16,3	2,00	60	30,5	2,75	100	51	5,00	140	72	8,00	125,00	51,00	4,00	280	142	18,9	340	172	20			
18	8,2	0,80	34	12,3	1,25	60	30,5	3,00	100	51	6,00	150	61	7,00	125,00	51,00	5,00	280	142	20,3	340	172	22			
18	8,2	1,00	34	12,3	1,50	60	30,5	3,50	100	51	6,00	150	71	8,00	125,00	51,00	6,00	280	142	22	360	182	15,5			
18	9,2	0,45	34	14,3	1,25	63	31	1,80	112	57	3,00	150	81	8,00	125,00	61,00	5,00	280	152	12,8	360	182	20			
18	9,2	0,70	34	14,3	1,50	63	31	2,50	112	57	4,00	150	81	10,00	125,00	61,00	6,00	280	152	15	360	182	21			

-  Groupe 1
 -  Groupe 2
 -  Groupe 3
 -  Rondelles ressorts norme usine Mubea
- rondelles ressorts avec surface d'appui et épaisseur réduite
- De : diamètre extérieur
Di : diamètre intérieur
t : épaisseur matière