

tabele 1.5 i 1.6, dla żeliw tabele 1.7 i 1.8, dla wybranych gatunków żeliwa i 1.9 i 1.10.

W celu rozszerzenia informacji o własnościach wytrzymałościowych dla materiałów najczęściej stosowanych w budowie maszyn, materiałów. Zamieszczono w niej własnościowe dla wytrzymałości zmęczeniowej przy rozciąganiu, zginaniu i innych materiałach można posłużyć się przybliżoną metodą określania własności wytrzymałościowych zgodnie z poniższymi zależnościami [1.2]:

dla stopów żelaznych i stopowych: $Z_{go} = 0,45 R_m$, $Z_{rc} = 0,33 R_m$, $Z_{so} = 0,25 R_m$, $Z_y = 0,7 R_m$, $Z_{55+0,63} R_m$, $Z_y = (0,45 \div 0,5) R_m$,

dla żeliwa szarego do $R_m = 400$ MPa i staliwa: $Z_{go} = 0,4 R_m$,

dla stopów miedzi, niklu i aluminium: $Z_{go} = 0,45 R_m$.

Na końcu rozdziału zamieszczono tabelę 1.12 z wartościami naprężeń dopuszczalnych dla wybranych materiałów konstrukcyjnych. Należy w tym miejscu podkreślić, że w przypadku obciążeń zmiennych, a tym samym obliczania elementów na wytrzymałość zmęczeniową, regułą powinno być obliczanie rzeczywistego współczynnika bezpieczeństwa δ zgodnie z zasadami przedstawionymi skrótowo w rozdziale 2. Korzystanie z naprężeń dopuszczalnych można dopuścić jedynie w wstępnej fazie obliczeń elementów maszyn. Jest to pewne odstępstwo od zasad ogólnych, szczególnie jednak przydatne dla początkujących projektantów.

Uwaga: Własności wytrzymałościowe materiałów o specjalnych zastosowaniach, tj. na sprężyny, koła zębate, łożyska, zamieszczono w rozdziałach omawiających obliczanie tych elementów.

1.2. Tabele własności wytrzymałościowych materiałów konstrukcyjnych

Tabela 1.1
Własności wytrzymałościowe stali niestopowych konstrukcyjnych ogólnego przeznaczenia (wg PN-88/H-84020)

Znak stali	Grubość lub średnica [mm]	Własności wytrzymałościowe		Znak stali	Grubość lub średnica [mm]	Własności wytrzymałościowe	
		R_e [MPa]	R_m [MPa]			R_e [MPa]	R_m [MPa]
St0S	do 16	196	300 + 450	St5	do 16	294	470 + 640
	16 + 40	186			16 + 40	284	
	40 + 100	186			40 + 100	275	
St3S St3V St3W	do 16	235	420 + 550	St6	do 16	334	570 + 740
	16 + 40	226			16 + 40	324	
	40 + 100	216			40 + 100	314	
St4S St4V St4W	do 16	255	470 + 640	St7	do 16	363	690 + 840
	16 + 40	245			16 + 40	353	
	40 + 100	235			40 + 100	343	

Tabela 1.2
Własności mechaniczne stali niestopowych do utwardzania powierzchniowego i ulepszenia cieplnego (wg PN-93/H-84019); N - normalizowanie, T - ulepszenie

Znak stali	Stan obróbki cieplnej	Własności wytrzymałościowe		Znak stali	Stan obróbki cieplnej	Własności wytrzymałościowe	
		R_e [MPa]	R_m [MPa]			R_e [MPa]	R_m [MPa]
10	N	205	335	40	N	335	570
15	N	225	375		T	390	620 + 760
20	N	245	410	45	N	355	600
	T	295	490 + 640		T	410	660 + 800
25	N	275	450	55	N	380	650
	T	305	490 + 630		T	460	740 + 880
30	N	295	490	60	N	400	690
	T	335	540 + 690		T	490	780 + 930
35	N	315	530	65	N	410	700
	T	365	580 + 730				

Tabela 1.3
Własności wytrzymałościowe stali stopowych konstrukcyjnych do ulepszenia cieplnego i hartowania powierzchniowego w stanie obrobionym cieplnie (wg PN-89/H-84030/04)

Znak stali	Warunki obróbki cieplnej				Własności wytrzymałościowe	
	temperatura hartowania [°C]	chłodzenie	temperatura odpuszczania [°C]	chłodzenie	R_e [MPa]	R_m [MPa]
1	2	3	4	5	6	7
30G2	850	w,o	530	p,o	540	785
45G2	830	o	580	p,o	685	880
35SG	900	w	590	w	685	880
30H	860	o	500	w,o	735	880
40H	850	o	500	w,o	785	980
45H	840	o	520	w,o	835	1030
50H	830	o	500	w,o	930	1080
37HS	900	o	630	o	735	930
20HGS	880	o	500	w,o	640	785
30HGS	880	o	540	w,o	835	1080
35HGS	890	o	230	w,o	1275	1620
25HM	860	o	550	w,o	590	735
30HM	860	o	540	w,o	735	930
35HM	850	o	540	w,o	785	980
40HM	840	o	550	w,o	880	1030
40H2MF	830	o	570	p	1030	1230
45HN	820	o,w	530	w,o	835	1030

cd. tab. 1.3

1	2	3	4	5	6	7
37HGNM	850	w,o	525	p,o	785	930
36HNM	850	o	630	p	685	835
34HNM	850	o	550	p,o	835	980
40HNMA	850	o	620	o	835	980
45HNMF	860	o	450	o	1325	1470

chłodzenie: w - w wodzie, o - w oleju, p - w powietrzu

Tabela 1.4

Własności wytrzymałościowe stali stopowych konstrukcyjnych do nawęglania w stanie obrobionym cieplnie (wg PN-89/H-84030/02)

Znak stali	Warunki obróbki cieplnej				Własności wytrzymałościowe	
	temperatura hartowania [°C]	chłodzenie	temperatura odpuszczania [°C]	chłodzenie	R_t [MPa]	R_m [MPa]
15H	I - 880	w,o	180	p,o	490	690
	II - 800					
20H	I - 880	w,o	180	p,o	640	790
	II - 800					
16HG	860	o	180	p	590	840
20HG	880	o	180	p,o	735	1080 + 1375
18HGT	I - 870	o	200	p,o	835	980
	II - 820					
15HGM	840	o,w	180	p	785	930
18HGM	860	o	190	p	880	1080
17HGN	860	o	160	p,o	835	1030
15HN	860	o,w	190	p	835	980
17HNM	860	o,w	170	p	835	1180 + 1420
18H2N2	860	o,w	190	p	835	1230 + 1470

chłodzenie: w - w wodzie, o - w oleju, p - w powietrzu

Tabela 1.5

Własności wytrzymałościowe stali węglowej konstrukcyjnej w stanie normalizowanym (wg PN-85/H-83152)

Znak stali	Temperatura normalizowania [°C]	Własności wytrzymałościowe		Twardość HB
		R_t [MPa]	R_m [MPa]	
L II 400	930 + 950	250	400	114 + 156
L II 450	930 + 950	260	450	126 + 170
L II 500	910 + 930	320	500	140 + 197
L II 600	890 + 910	360	600	160 + 212
L II 650	880 + 900	380	650	170 + 223

Tabela 1.6
Własności wytrzymałościowe stopowego staliwa konstrukcyjnego w stanie obrobionym cieplnie (wg PN-87/H-83156)

Znak staliwa	Rodzaj i warunki obróbki cieplnej	Własności wytrzymałościowe	
		R_t [MPa]	R_m [MPa]
L20G	N 880 + 900°C	300	550
L35G	N 880 + 900°C	360	600
	H 850 + 870°C, woda + O 600 + 650°C	400	650
L30GS	H 870 + 880°C, woda + O 570 + 600°C	390	650
L35GM	H 880 + 890°C, woda + O 580 + 670°C	410	620
L30H	H 890 + 910°C, olej + O 620 + 660°C	450	700
L40H	H 850 + 860°C, olej + O 600 + 650°C	500	700
L17HM	H 920 + 970°C, olej + O 680 + 700°C	345	590
L25HM	H 850 + 870°C, olej + O 590 + 610°C	450	750
L25HN	N 870 + 880°C	300	500
L35HM	H 860 + 870°C, olej + O 600 + 650°C	550	750
L35HNM	H 860 + 870°C, olej + O 600 + 650°C	550	750
L40HF	H 870 + 890°C, olej + O 500 + 520°C	900	1200
L35HGS	N 870 + 890°C	400	680
	H 870 + 880°C, woda + O 630 + 670°C	650	850

N - normalizowanie, H - hartowanie, O - odpuszczanie

Tabela 1.7

Własności wytrzymałościowe żeliwa szarego (wg PN-86/H-83101)

Znak żeliwa	Grubość ścianki odlewu [mm]	R_m [MPa]	HB max	Moduł sprężystości E [$\times 10^3$ MPa]
1	2	3	4	5
100	2,5 + 10	120	131	70 + 110
	10 + 20	90	110	
150	2,5 + 10	155	155	70 + 110
	10 + 20	130	150	
	20 + 30	115	125	
	30 + 50	105	120	

1	2	3	4	5
200	2,5 + 10	205	192	85 + 110
	10 + 20	180	174	
	20 + 30	160	160	
	30 + 50	145	148	
250	4 + 10	250	210	90 + 110
	10 + 20	225	200	
	20 + 30	205	192	
	30 + 50	185	178	
300	10 + 20	270	218	120 + 145
	20 + 30	245	209	
	30 + 50	225	200	
350	10 + 20	315	238	130 + 155
	20 + 30	290	227	
	30 + 50	270	218	

Tabela 1.8

Własności wytrzymałościowe żeliwa sferoidalnego (wg PN-86/H-83123)

Znak żeliwa	R_m [MPa]	$R_{0,2}$ [MPa]	HB	Znak żeliwa	R_m [MPa]	$R_{0,2}$ [MPa]	HB
350-22	350	220	≤ 150	600-3	600	370	190 + 270
400-15	400	250	130 + 180	700-2	700	420	225 + 305
450-10	450	310	160 + 210	800-2	800	480	245 + 335
500-7	500	320	170 + 230	900-2	900	600	280 + 360

Tabela 1.9

Własności wytrzymałościowe mosiądzów odlewniczych (wg PN-91/H-87026)

Cecha stopu	Sposób odlew.	R_m [MPa]	$R_{0,2}$ [MPa]	HB	Cecha stopu	Sposób odlew.	R_m [MPa]	$R_{0,2}$ [MPa]	HB
MM47	lp	360	120	110	MO59	lp	250	120	70
	lk	400	140	120		lk	270	120	75
MM55	lp	450	180	90	MO60	lp	250	120	70
	lk	500	180	100		lk	280	120	70
MM58	lp	250	120	80	MK80	lp	300	140	90
	lk	350	160	85		lk	400	160	100
MA58	lp	400	170	90	MA62	lp	600	450	180
	lk	480	200	100		lk	700	500	200

lp - odlewanie w formach piaskowych, lk - odlewanie w kokilach

Tabela 1.10

Własności wytrzymałościowe brązów odlewniczych (wg PN-91/H-87026)

Cecha stopu	Sposób odlew.	R_m [MPa]	$R_{0,2}$ [MPa]	HB	Cecha stopu	Sposób odlew.	R_m [MPa]	$R_{0,2}$ [MPa]	HB
B10	lp	240	130	65	B476	lp	200	100	55
	lk	270	140	80		lk	220	120	70
B101	lp	220	130	80	B520	lp	150	60	45
	lk	310	170	90		lk	150	80	50
B102	lp	240	120	70	BA93	lp	500	180	100
	lk	260	140	80		lk	550	200	110
B1010	lp	180	80	65	BA1032	lp	500	180	110
	lk	220	140	75		lk	550	200	120
B555	lp	200	90	60	BK331	lp	280	140	90
	lk	200	90	65		lk	350	160	100

lp - odlewanie w formach piaskowych, lk - odlewanie w kokilach

Tabela 1.11

Wytrzymałość zmęczeniowa wybranych gatunków materiałów konstrukcyjnych

Gatunek materiału	Stan	Wytrzymałość zmęczeniowa [MPa]					
		$Z_{0,1}$	$Z_{0,2}$	$Z_{0,5}$	$Z_{1,0}$	$Z_{2,0}$	$Z_{5,0}$
1	2	3	4	5	6	7	8
St2	S	210	280	180	113	154	92
St3	S	230	315	210	130	175	105
St4	S	260	350	230	143	193	115
St5	S	310	420	275	170	232	197
St6	S	360	430	285	200	272	162
St7	S	425	480	310	235	320	190
10	N,H	215	280	190	120	160	96
15	N,H	240	325	215	133	180	106
20	N,H	260	360	235	146	195	116
25	T	290	395	260	163	220	130
35	T	340	460	300	190	255	152
45	T	410	555	365	230	310	183
55	T	450	620	405	255	340	205
60	T	480	650	430	270	360	215
15H	H	400	500	350	200	300	180
20H	H	450	560	400	260	340	210
15HGM	H	440	600	420	240	380	220
15HN	H	480	620	460	260	400	240
18H2N2	H	520	680	500	290	430	260
30G2	T	360	480	340	210	300	170
35SG	T	480	600	440	280	380	220
36HNM	T	540	670	420	320	410	240
30H	T	650	740	600	400	540	240
40H	T	700	800	650	420	600	320

cd. tab. 1.11

1	2	3	4	5	6	7	8
50H	T	700	800	680	430	620	330
L II 400	N	170	200	140	110	130	90
L II 450	N	210	260	160	130	150	100
L II 500	N	240	320	200	150	180	120
L II 600	N	320	400	260	200	230	150
150		60	100	70	40	60	50
200		70	140	90	50	80	70
250		90	180	110	60	110	80
300		110	200	120	70	130	90
350		115	220	150	80	140	110
400		140	240	170	95	160	120
450-10		160	240	200	100	180	140
400-15		140	200	180	90	160	120
MA58	lk	120	150	90	70	90	40
MA58	lk	220	240	150	120	160	70
M63	kury	150	180	180	80	120	80
BA1032	kury	250	240	200	160	180	100
BA1032	lk	160	180	120	90	120	60
B1010	lp	70	90	50	40	50	25

stan materiału: N - normalizowany, H - hartowany, T - ulepszony, S - surowy, lp - lany w formy piaskowe, lk - lany w kokile

Tabela 1.12

Napężenia dopuszczalne dla wybranych gatunków materiałów konstrukcyjnych

Materiał	Napężenia dopuszczalne [MPa]													Nac. dop. [MPa]		
	rozciągające			zginające			skręcające			ścinające			stale	tętn.	uderz.	
	k_x	k_y	k_z	k_x	k_y	k_z	k_x	k_y	k_z	k_x	k_y	k_z				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
St2	115	85	53	126	70	39	70	45	23	65	33	18	85	51	25	
St3	125	90	55	135	79	44	75	52	26	67	34	19	90	54	27	
St4	150	90	62	145	87	48	81	57	29	75	39	22	97	58	29	
St5	165	100	62	162	105	58	90	69	34	87	46	25	109	66	33	
St6	180	115	70	175	110	70	98	70	40	88	54	30	116	70	35	
St7	200	125	78	194	120	80	108	78	47	97	63	35	130	78	39	
10	99	54	30	118	70	40	66	47	24	59	32	18	89	50	25	
15	108	60	33	130	81	45	75	54	26	65	30	20	97	54	27	
20	117	65	36	140	86	49	78	58	29	70	39	22	105	60	30	
25	131	72	41	164	99	55	92	65	32	78	43	25	128	72	36	
35	172	85	47	205	115	64	115	75	38	103	51	28	155	87	43	
45	195	102	57	230	144	78	128	95	46	118	61	34	175	98	49	
55	220	112	66	260	155	85	145	102	51	132	67	40	200	112	58	
60	233	120	68	280	162	90	157	105	54	140	72	41	210	118	59	
15H	233	100	59	256	125	80	150	85	47	140	60	45	190	78	39	

cd. tab. 1.12

15HGM	330	135	80	360	172	109	205	115	65	200	81	48	285	108	54
15HN	340	140	84	375	180	114	210	124	67	205	84	50	275	115	57
18H2N2	430	170	100	475	215	136	266	150	81	260	102	60	345	140	70
30G2	260	112	62	285	142	91	160	100	54	156	67	37	210	84	42
35SG	325	125	75	355	160	102	200	112	61	195	75	45	260	104	52
30H	325	125	75	355	160	102	200	112	61	195	75	45	260	104	52
40H	340	132	79	375	170	108	210	118	64	200	79	47	275	109	55
50H	360	140	84	395	175	114	220	124	67	215	84	50	290	116	58
L II 400	93	54	34	102	67	36	57	47	26	55	32	20	100	52	26
L II 450	116	60	36	128	72	41	72	49	29	69	36	22	125	65	32
L II 500	128	67	40	140	78	46	78	54	32	77	40	24	138	72	36
L II 600	160	79	49	170	92	55	98	65	39	96	47	29	170	89	44
150	43	21	14	60	26	20	42	-	-	30	14	10	120	45	23
200	57	28	19	71	38	25	50	-	-	40	13	160	60	30	
250	71	34	24	98	47	30	64	-	-	50	16	200	75	38	
300	86	41	28	118	59	38	87	-	-	60	20	240	90	46	
350	100	45	33	142	69	41	92	-	-	70	23	280	105	53	
400	110	48	35	150	72	48	100	-	-	80	25	300	110	55	
450-10	70	52	35	98	-	-	68	-	-	50	-	-	200	81	42
400-15	65	50	30	87	-	-	61	-	-	47	-	-	190	75	40
MM58	69	36	23	82	45	26	48	26	15	41	22	14	55	29	18
MA58	88	46	29	105	58	33	62	33	19	53	28	17	70	37	23
M63	69	36	23	82	45	26	48	26	15	41	22	14	55	29	18
BA1032	89	47	29	107	60	35	62	30	21	53	28	17	71	38	23
BA1032	98	58	35	117	73	43	69	43	25	59	35	21	78	46	28
B1010	35	20	12	42	24	14	24	13	8	21	12	7	28	16	10

stan materiału jak w tabeli 1.11

Literatura

- 1.1. A. Ciszewski, T. Radomski: Materiały konstrukcyjne w budowie maszyn. PWN, Warszawa 1989.
- 1.2. S. Kocańda, J. Szala: Podstawy obliczeń zmęczeniowych. PWN, Warszawa 1991.