

1. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Выбор материалов при конструировании деталей машин возможен только при полном знании их физико-механических характеристик, технологических свойств и стоимости.

Основными физико-механическими характеристиками являются:

- прочность, характеристику которой определяют предел прочности σ_B ; предел текучести σ_T ; предел выносливости σ_{-1} ;
- износостойкость, характеризуемая твердостью по Бринеллю – HB; твердостью по Роквеллу – HRC; твердостью по Виккерсу – HV;
- жесткость, характеризуемая модулем упругости E первого рода и модулем упругости G второго рода;
- антифрикционность, характеризуемая коэффициентом трения скольжения f;
- коррозионная стойкость, характеризуемая стойкостью материала к коррозии в агрессивных средах;
- другие характеристики, такие, как, упругость, коэффициент объемного расширения, теплопроводность, электропроводность и другое.

Технологические свойства материала обеспечивают наиболее экономичный способ получения заготовки детали и ее обработки в производственных условиях.

К ним относятся: обрабатываемость резанием; литейные качества, обеспечивающие получение заготовки литьем; обрабатываемость давлением и способность изменять физико-механические характеристики при термической и химико-термической обработке.

При расчете деталей машин на прочность применяют такие регламентированные характеристики материалов, как:

- [σ_p] – допускаемое напряжение при растяжении;
- σ_{-1p} – предел выносливости при растяжении;
- [$\sigma_{из}$] – допускаемое напряжение при изгибе;
- [$\sigma_{см}$] – допускаемое напряжение при смятии;
- [$T_{ср}$] – допускаемое напряжение на срез;
- [$T_{кр}$] – допускаемое напряжение при кручении.

Нагрузки, действующие на детали:

- I – статическая нагрузка;
- II – переменная нагрузка от нуля до максимума (пульсирующая);
- III – знакопеременная нагрузка (симметричная).

В справочной литературе твердость материалов часто указывают в разных единицах измерения. В таблице 1.1 дано соотношение между этими единицами.

Таблица 1.1

Соотношение твердостей материалов и сплавов (ориентировочное)

HB	HRC	HV	HB	HRC	HV	HB	HRC	HV	HB	HRC	HV
143	-	144	170	-	171	207	18	209	255	26	255
146	-	147	174	-	174	212	19	213	262	27	261
149	-	149	179	-	177	217	20	217	269	28	272
153	-	152	183	-	183	223	21	221	277	29	278
156	-	154	187	-	186	229	22	226	287	30	285
159	-	159	192	-	190	235	23	235	293	31	291
163	-	162	196	-	197	241	24	240	302	33	305
166	-	165	202	-	201	248	25	250	311	34	312
321	35	320	402	43	423	512	52	587	-	65	940
332	36	335	418	44	435	532	54	606	-	67	1021
340	37	344	430	45	460	555	56	649	-	69	1114
351	38	361	444	47	474	578	58	694	-	72	1220
364	39	380	460	48	502	600	59	746			
375	40	390	477	49	534	627	61	803			
387	41	401	495	51	551	652	63	867			

Углеродистая сталь обыкновенного качества (ГОСТ 380-71)

Поставляется трех групп: А – по механическим свойствам; Б – по химическому составу; В – по механическим свойствам и химическому составу.

Сталь изготавливают следующих марок: группы А – Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5; группы Б – БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6; группы В – ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5. Букву А в обозначении марки не указывают.

Механические свойства углеродистой стали обыкновенного качества приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Механические свойства (МПа) некоторых углеродистых сталей обыкновенного качества

Марка стали	σ_B	σ_T	[σ_p]			[σ_n]			[$\tau_{кр}$]			[$\tau_{ср}$]			[$\sigma_{см}$]	
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
Ст2	390	230	115	80	60	140	100	80	85	65	50	70	50	40	175	120
Ст3	430	250	125	90	70	150	110	85	95	65	50	75	50	40	190	135
Ст4	480	270	140	95	75	170	120	95	105	75	60	85	65	50	210	145
Ст5	570	290	165	115	90	200	140	110	125	90	70	100	65	55	250	175
Ст5	600	320	195	140	110	230	170	135	145	105	80	115	85	65	290	210

Примечание. σ_6 – предел прочности; σ_T – предел текучести;

[σ_p] – допускаемое напряжение на растяжение;

[σ_n] – допускаемое напряжение на изгиб;

[$\tau_{кр}$] – допускаемое напряжение на кручение;

[$\tau_{ср}$] – допускаемое напряжение на срез;

[$\sigma_{см}$] – допускаемое напряжение на смятие.

Углеродистая качественная конструкционная сталь (ГОСТ 1050-74)

Выпускают сталь следующих марок: 08, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 60Г, 65Г, 70Г. В обозначении стали цифры означают содержание углерода в сотых долях процента, буква Г – содержание марганца (около 1%).

Легированная конструкционная сталь (ГОСТ 4543-714)

Сталь изготавливают следующих основных марок: 20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 45Х, 50Х, 30ХМА, 35ХМ, 18ХГ, 20ХГСА, 30ХГС, 20ХН, 40ХН, 45ХН, 50ХН, 30ХНЗА, 18ХГТ. В обозначении двузначные цифры слева указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, цифры после букв – процент примерного содержания соответствующего элемента в целых единицах. Отсутствие цифр означает содержание легирующего элемента до 1,5%. Буквы: Х – хром; М – молибден; Г – марганец; С – кремний; Н – никель; Т – титан; А – высококачественная сталь.

Чугун различных марок широко применяют для изготовления литых деталей машин, таких, как блоки и головки блоков цилиндров, корпуса коробок скоростей, корпуса редукторов, ступицы колес, кронштейны тракторов, шкивы, ступицы червячных колес и других.

Применяют серый чугун (ГОСТ 1412-85), ковкий чугун (ГОСТ 1215-79), высокопрочный чугун (ГОСТ 7293-85). Механические свойства отливок круглого сечения из ковкого и серого чугуна приведены в таблицах 1.3–1.4.

Таблица 1.3

Механические свойства (МПа) отливок круглого сечения из ковкого чугуна

Марка чугуна	σ_p	σ_k	$T_{кр}$	$T_{ср}$	σ_{-1}	σ_{-1p}	T_{-1}	[σ_n]			[$\tau_{кр}$]			[σ_p]			[$\sigma_{сж}$]			[$\sigma_{см}$]	
								I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
КЧ 30-6	300	490	340	270	90	55	80	105	58	40	65	40	36	85	39	25	95	40	25	125	58
КЧ 33-8	330	530	345	290	100	60	90	115	65	45	70	50	40	95	42	27	105	43	27	140	63
КЧ 35-10	350	570	350	300	105	65	95	120	70	50	75	55	43	100	45	30	110	47	30	150	67
КЧ 37-12	370	580	370	320	110	75	100	125	72	55	80	57	45	105	47	33	115	50	38	155	70
КЧ 45-16	450	660	440	340	135	80	120	130	80	60	85	65	55	110	53	35	125	55	35	165	80

Таблица 1.4

Механические свойства (МПа) отливок круглого сечения из серого чугуна

Марка чугуна	$\sigma_{\text{н}}$	$\sigma_{\text{в}}$	$\sigma_{\text{сж}}$	$T_{\text{ср}}$	σ_{-1}	T_{-1}	[$\sigma_{\text{н}}$]			[$T_{\text{кр}}$]			[$\sigma_{\text{в}}$]			[$\sigma_{\text{сж}}$]		
							I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
СЧ15	320	150	650	240	70	50	70	40	30	53	30	22	33	20	14	145	83	14
СЧ18	360	180	700	260	80	60	80	50	35	58	36	26	40	25	18	155	95	18
СЧ21	400	210	750	280	100	80	88	57	43	62	45	35	45	30	22	165	110	22
СЧ24	440	240	850	300	120	100	97	67	52	65	52	43	53	35	28	185	125	28
СЧ28	480	280	1000	350	140	110	100	75	60	77	60	48	62	45	35	220	155	35
СЧ32	520	320	1100	390	150	120	115	80	65	85	65	50	70	48	37	240	165	37
СЧ36	560	360	1200	400	160	135	125	75	70	90	70	52	78	55	42	260	185	42
СЧ40	600	400	1300	460	170	145	130	95	75	100	75	54	85	57	53	280	190	43
СЧ44	640	440	1400	500	200	150	140	105	85	110	85	56	100	75	60	310	200	60

Примеры обозначений чугуна:

1. Отливки из серого чугуна марки СЧ25 – СЧ25 ГОСТ 1412-85.
2. Отливки из ковкого чугуна марки КЧ30-6 – КЧ30-6 ГОСТ 1215-79.
3. Отливки из высокопрочного чугуна марки ВЧ60-6 – ВЧ60-6 ГОСТ 7293-85.

Цветные металлы и сплавы

Алюминиевые сплавы (табл. 1.5) – силумин (алюминий-кремний), дюралюмин (алюминий-медь-марганец), магналий (алюминий-магний). Алюминиевые литейные сплавы АП (ГОСТ 2685-75) выпускают 37 марок, подразделенных на пять групп в зависимости от их основы, и используют их для получения фасонных отливок. Алюминиевые деформируемые сплавы (ГОСТ 4784-74) предназначены для изготовления листов, лент, полос, профилей, прутков труб и проволоки.

Таблица 1.5

Назначение некоторых марок алюминиевых сплавов

Марка	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	Область применения
АЛ2	160	Тонкостенное литье, роторы вентиляторов
АЛ5	200	Средненагруженные корпусные детали, головки цилиндров двигателей внутреннего сгорания
АЛ6	240	Детали карбюраторов и арматура двигателей
АЛ8	290	Детали, воспринимающие повышенные вибрационные нагрузки
АМц	100	Емкости для жидкостей, проволока для заклепок

Примеры обозначений:

1. Пруток из сплава марки Д16 (дюралюмин), закаленный и естественно состаренный (Т), нормальной прочности, круглый (КР), диаметр 50 мм, нормальной точности (Н) изготовления, немерной длины (НД):
пруток Д16 Т. КР. 50Н×НД ГОСТ 21488-76.
2. Лист из сплава марки АД1, без термической обработки, обычной отделки поверхности, нормальной точности изготовления, толщиной 5 мм, шириной 1000 мм, длиной 2000 мм:
лист АД - 5×1000×2000 ГОСТ 21631-76.

Латунь (табл. 1.6) – сплав меди с цинком и другими компонентами. В маркировке латуни по ГОСТ 17711-80 указывают процентное содержание компонентов. Например, латунь ЛЦ30А3 содержит 30% цинка и 3% алюминия, латунь ЛЦ23А6Ж3МЦ2 – 23% цинка, 6% алюминия, 3% железа, 2% марганца. Латунь с содержанием цинка до 10% называют томпаком, а от 10 до 20% – полутомпаком.

Назначение некоторых марок латуни

Марка латуни		$\sigma_{в}$, МПа	Область применения
по ГОСТ 17711-80	по ГОСТ 17711-80 и ГОСТ 15527-70		
Л90		400	Трубки радиаторов двигателей внутреннего сгорания
ЛЦ30А3	ЛА67-2,5	290	Коррозионностойкие детали
ЛЦ25С2	ЛВОС	150	Штуцеры гидросистем автомобилей
ЛЦ23А6Ж3Мц2	ЛАЖМц66-6-3-2	690	Сепараторы подшипников, венцы червячных колес

Примеры обозначений:

1. Пруток из латуни марки Л60, тянутый, круглый, высокой точности изготовления, диаметром 10 мм:

пруток Л60 Т. КР. В. Т. -10 – ГОСТ 1066-80.

2. Лист из латуни марки Л63, горячекатаный, толщиной 5 мм, шириной 600 мм, длиной 1500 мм:

лист Л63 Гк 5×600×1500 ГОСТ 15527-70.

Бронза (табл. 1.7) – сплав меди с оловом (оловянистые бронзы) и сплавы меди с алюминием, бериллием, кремнием, марганцем, железом и т.д.

Таблица 1.7

Область применения некоторых бронз

Марка бронзы	$\sigma_{в}$, МПа	Область применения
БрС30	60	Антифрикционные детали
БрСц3Н3Ц3С20Ф	160	Подшипники скольжения, направляющие втулки, антифрикционные детали
БрА7Мц15Ж3НгЦ2	610	Мембраны, пружины, гайки
БрА10Ж4Н4	590	Седла клапанов, направляющие втулки выхлопных клапанов, шестерни
БрА9Ж3	400	Втулки, шестерни, седла клапанов, гайки, зажимы винтов
БрА10Мц2	490	Антифрикционные детали, детали арматуры, работающей в воде, жидком топливе, детали для электрооборудования
БрА9Мц2	390	

Из оловянно-фосфористой и алюминиево-железистой бронз изготавливают подшипниковые втулки и вкладыши, венцы червячных колес и другое.

Безоловянные литейные бронзы выпускают по ГОСТ 493-79, а обрабатываемые давлением – по ГОСТ 18175-78. В маркировке бронзы указывают процентное содержание компонентов. Например, бронза БрА9Ж3 содержит 9% алюминия и 3% железа.

Неметаллические материалы

Из неметаллических материалов наибольшее применение в сельхозмашиностроении находят пластмассы, которые являются наиболее распространенным заменителем черных и цветных металлов и обладают достаточно высокой прочностью и износостойкостью. Различают пластмассы двух типов:

- термореактивные – при повторном нагревании не размягчаются, а детали, изготовленные из них и вышедшие из строя, идут в утилизацию;

- термопластичные – при повторном нагревании размягчаются и из них повторно могут быть изготовлены детали.

Из пластмасс могут быть изготовлены многие детали автомобилей, тракторов, комбайнов и т. д. (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Применение пластмасс в машиностроении

Тип материала	Назначение
Стеклопластики	Кабины, корпуса, поддоны, воздуховоды, электроизоляционные детали
Фенопласты	Детали управления, кожухи, корпуса, крышки, резервуары, тормозные колодки, электроизоляционные детали
Полиолефины	Трубы, детали, арматура, зубчатые и червячные колеса, фильтры масляных и водных систем, рабочие органы гидромашин, подшипники скольжения
Полиамиды	Антифрикционные детали машин, подшипники и втулки, вкладыши, шестерни
Фторопласты	Подшипники скольжения, уплотнения, электроизоляционные детали, панели, щитки, корпуса приборов
Полиформальдегид	Зубчатые и червячные колеса, болты, подшипники скольжения, детали приборов точной механики, пружины
Поликарбонат	Зубчатые и червячные колеса, ролики и катки, трубы, арматура
Пентапласты	Зубчатые и червячные колеса, подшипники скольжения, уплотнения, детали приборов точной механики, болты, гайки, шайбы

Конструкционный текстолит (ГОСТ 5-78) представляет собой слоистый прессованный материал, состоящий из нескольких слоев хлопчатобумажной ткани (отходы текстильной промышленности), пропитанный терморезактивными смолами. Область применения текстолитов и их физико-механические свойства приведены в таблицах 1.9–1.10.

Таблица 1.9

Области применения текстолитов

Марка текстолита	Назначение
ПТК	Зубчатые колеса, втулки, подшипники скольжения, ролики, прокладки, панели и другие изделия технического назначения
ПТ	
ПТМ-1	Вкладыши подшипников прокатных станков и другие изделия технического назначения
ПТМ-2	

Таблица 1.10

Физико-механические характеристики текстолитов

Показатель	ПТК	ПТ	ПТМ-1	ПТМ-2
Плотность, г/см ³	1,3–1,4			
Разрушающее напряжение, МПа, не менее:				
при изгибе	150	145	-	120
при растяжении	100	90	-	-
при сжатии:				
перпендикулярно слоям	255	240	200	-
параллельно слоям	155	140	120	120
Модуль упругости, МПа	$(40-65) \cdot 10^3$			
Коэффициент трения:				
без смазки	0,32			
со смазкой	0,02			

Пример обозначения текстолитов марки ПТ толщиной 3 мм 1-го сорта и марки ПТМ-1 толщиной 20 мм:

текстолит ПТ-3, сорт 1 ГОСТ 5-78;

текстолит ПТМ-1-20 ГОСТ 5-78.