

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА СПЛАВОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Методические указания к лабораторной работе по дисциплинам
«Материаловедение», «Основы материаловедения»
для обучающихся технических направлений и специальностей

Составитель В. В. Драчев

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 5 от 11.02.2021
Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
направления подготовки 27.03.02
Протокол № 4 от 11.02.2021
Электронная версия находится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2021

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение классификации, маркировки и области применения наиболее распространенных сплавов цветных металлов.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Алюминиевые сплавы

Алюминиевые сплавы по технологическому признаку разделяют на деформируемые, которые обрабатывают прокаткой, прессованием, ковкой и штамповкой, и литейные, предназначенные для фасонного литья. Деформируемые сплавы по способности упрочняться термической обработкой делят на сплавы, упрочняемые и не упрочняемые термообработкой (упрочняющей термической обработкой для алюминиевых сплавов являются закалка и старение – длительная выдержка при нормальной или повышенной температуре).

Деформируемые алюминиевые сплавы (табл. 1) изготавливают по ГОСТ 4784-2019.

К сплавам, упрочняемым термической обработкой, относят:

1. Дуралюмины. Это сплавы системы Al-Cu-Mg. Их маркируют буквой Д и цифрой, обозначающей условный номер сплава.

Например: Д1 – дуралюмин, условный номер 1.

Дуралюмины удовлетворительно обрабатываются резанием, хорошо свариваются точечной сваркой. Из них изготавливают обшивки, шпангоуты и лонжероны самолетов, силовые каркасы, строительные конструкции, кузова грузовых автомобилей и т.д.

2. Высокопрочные сплавы. К ним относят сплавы системы Al-Zn-Mg-Cu. Их маркируют буквой В и цифрой, обозначающей условный номер сплава.

Например: В93 – высокопрочный сплав, условный номер 93.

Высокопрочные сплавы прочнее, чем дуралюмины, но пластичность их ниже. Они хорошо обрабатываются резанием и свариваются точечной сваркой. Такие сплавы применяют в самолетостроении для нагруженных конструкций.

Таблица 1

Химический состав (ГОСТ 4784-2019) и механические свойства некоторых деформируемых
алюминиевых сплавов

Марка сплава	Содержание элементов (остальное Al), %				Вид полуфабриката, вид термической обработки	Механические свойства			
	Cu	Mg	Mn	прочие		σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	НВ
						Не менее			
Д1	3,5-4,5	0,4-0,8	0,4-1,0	-	Листы, закалка и старение	400	240	20	95
					Прессованные прутки, закалка и старение	480	320	14	-
Д16	3,8-4,9	1,2-1,8	0,3-0,9	-	Листы, закалка и старение	440	330	18	105
					Прессованные прутки, закалка и старение	530	400	11	-
В95	1,4-2,0	1,8-2,8	0,2-0,6	5-7 Zn, 0,10-0,25 Cr	Листы, закалка и старение	540	470	10	150
					Прессованные прутки, закалка и старение	600	560	8	150
АК6	1,8-2,6	0,4-0,8	0,4-0,8	0,7-1,2 Si	Поковки, закалка и старение	400	299	12	100
АК8	3,9-5,0	0,2-0,8	0,4-1,0	0,5-1,2 Si	Поковки, закалка и старение	480	380	9	135
АМц	-	-	1,0-1,5	-	Листы, отжиг	130	50	20	30
АМг2	-	1,7-2,4	0,1-0,5	-	Листы, отжиг	190	100	23	45
АМг6	-	5,8-6,8	0,5-0,8	0,02-0,10 Ti, 0,002-0,005Be	Листы, отжиг	340	170	20	70

3. Ковочные сплавы. Это сплавы системы Al-Cu-Mg-Si. Их маркируют буквами АК и цифрой, обозначающей условный номер сплава.

Например: АК6 – алюминиевый ковочный сплав, условный номер 6.

Такие сплавы обладают хорошей пластичностью и стойкостью к образованию трещин при горячей пластической деформации. Они хорошо обрабатываются резанием и удовлетворительно свариваются контактной сваркой. Ковочные сплавы используют для изготовления средненагруженных деталей сложной формы: подмоторных рам, фитингов, крыльчаток лопастей винтов вертолета и т.д.

К алюминиевым сплавам, не упрочняемым термической обработкой, относят:

1. Сплавы алюминия с марганцем. Примером такого сплава является сплав АМц, содержащий 1-1,5 % марганца.

2. Сплавы алюминия с магнием. Такие сплавы маркируют буквами АМг и цифрой, указывающей среднее содержание магния в сплаве.

Например: АМг2 – деформируемый сплав алюминия с магнием, содержащий около 2 % магния.

Сплавы алюминия с марганцем и магнием легко обрабатываются давлением, хорошо свариваются и обладают высокой коррозионной стойкостью. Обработка резанием затруднена. Их применяют для сварных и клепаных конструкций, испытывающих небольшие нагрузки и требующих высокого сопротивления коррозии: емкости для жидкости, баки для бензина, трубопроводы, палубные надстройки, переборки судов и т.д.

Литейные алюминиевые сплавы (табл. 2) по ГОСТ 1583-93 маркируют буквами и цифрами. Первая буква А означает основу сплава (алюминий), последующие буквы – основные легирующие компоненты (К – кремний, М – медь, Ц – цинк, Мг – магний, Мц – марганец, Кд – кадмий), а цифры – среднее содержание компонентов в процентах. Отсутствие цифры означает, что данного компонента в сплаве около 1 %.

Таблица 2

Химический состав (ГОСТ 1583-93) и механические свойства некоторых литейных
алюминиевых сплавов

Марка сплава*	Содержание элементов (остальное Al), %					Способ литья, вид термической обработки	Механические свойства			
	Si	Mg	Cu	Mn	прочие		σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	НВ
							Не менее			
АК12 (АЛ2)	10-13	-	-	-	-	В песчаные формы, отжиг	180	80	6	50
АК9 (АЛ4)	8,0-10,5	0,17-0,30	-	0,2-0,5	-	В песчаные формы, закалка и старение	260	200	4	75
АК7 (АЛ9)	6-8	0,2-0,4	-	-	-	Под давлением, без т.о.	220	120	2	50
						В песчаные формы, закалка старение	220	160	3	75
АК8М (АЛ32)	7,5-9,0	0,3-0,5	1,0-1,5	0,3-0,5	0,1-0,3 Ti	Под давлением, без т.о.	270	160	3	80
АМ5 (АЛ19)	-	-	4,5-5,3	0,6-1,0	0,15-0,35 Ti	В песчаные формы, закалка и старение	360	250	3	100
АМг10 (АЛ27)	-	9,5-11,5	-	-	0,05-0,15 Be 0,05-0,20 Zr 0,05-0,15 Ti	В песчаные формы, закалка	360	180	15	75

*В скобках приведено старое обозначение марки сплава.

Например: АК5М – литейный алюминиевый сплав, содержащий около 5 % кремния и 1 % меди.

К литейным алюминиевым сплавам относят:

1. Сплавы алюминия с кремнием (силумины) марок АК12, АК9, АК7, АК8М и др. Силумины обладают высокими литейными свойствами, хорошо свариваются, сравнительно легко обрабатываются резанием. Их применяют для изготовления средних и крупных литых деталей ответственного назначения: корпусов компрессоров, картеров и блоков цилиндров двигателей и т.д.

2. Сплавы алюминия с медью марок АМ5, АМ4,5Кд. Эти сплавы обладают высокой прочностью при обычных и повышенных температурах, хорошо обрабатываются резанием и свариваются, но обладают низкими литейными свойствами. Их используют для отливки небольших деталей простой формы (арматуры, кронштейнов и т.д.)

3. Сплавы алюминия с магнием (магналии) марок АМг10, АМг5Мц и др. Такие сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью, прочностью, вязкостью и хорошей обрабатываемостью резанием, но, как и сплавы системы Al Cu, имеют невысокие литейные свойства. Их применяют для изготовления деталей, работающих в условиях высокой влажности в судостроении и авиации: деталей приборов, вилок шасси и хвостового оперения, штурвалов и т.д.

2.2. Магниевые сплавы

Магниевые сплавы, как и алюминиевые, по технологическому признаку делят на деформируемые и литейные, по способности упрочняться термической обработкой – на упрочняемые и не упрочняемые термообработкой (закалкой и старением).

Деформируемые магниевые сплавы (табл. 3) по ГОСТ 14957-76 разработаны на базе систем Mg-Mn, Mg-Al-Zn, Mg-Zn-Zr и Mg-Li. Их маркируют буквами МА и цифрой, обозначающей условный номер сплава.

Например: МА5 – деформируемый магниевый сплав, условный номер 5.

Литейные магниевые сплавы (см. табл. 3) по ГОСТ 2856-79 изготавливают на базе систем Mg-Al-Zn, Mg-Zn-Zr и Mg-Nd. Эти сплавы маркируют буквами МЛ и цифрой, обозначающей условный номер сплава.

Например: МЛ8 – литейный магниевый сплав, условный номер 8.

Сплавы магния обладают малой плотностью, высокой удельной прочностью и удельной жесткостью. Они хорошо обрабатываются резанием, легко шлифуются и полируются, удовлетворительно свариваются дуговой и контактной сваркой. К недостаткам относятся меньшая, чем у алюминиевых сплавов, коррозионная стойкость, худшие литейные свойства, малый модуль упругости, склонность к газонасыщению, окислению и воспламенению при выплавке.

Магниевые сплавы широко применяются в самолетостроении (корпуса приборов, насосов, фонари и двери кабины и т.д.), ракетной технике (корпуса ракет, обтекатели, топливные и кислородные баки, стабилизаторы), конструкциях автомобилей, особенно гоночных (корпуса, колеса, помпы и т.д.), в приборостроении (корпуса и детали приборов).

2.3. Медные сплавы

По химическому составу сплавы меди делят на две основные группы: латуни (сплавы меди с цинком) и бронзы (сплавы меди с другими элементами). Бронзы, в свою очередь, подразделяют на оловянные и безоловянные. По технологическому признаку медные сплавы делят на деформируемые и литейные, по способности упрочняться с помощью термической обработки – на упрочняемые и не упрочняемые термообработкой.

Сплавы меди маркируют буквами Л (латунь) или Бр (бронза), после чего следуют буквы и цифры, обозначающие составляющие сплав элементы и среднее содержание этих элементов в процентах. Условные обозначения элементов в медных сплавах: А – алюминий, Б – бериллий, Ж – железо, К – кремний, Мц – марганец, Н – никель, О – олово, С – свинец, Ф – фосфор, Х – хром,

Таблица 3

Химический состав и механические свойства некоторых магниевых сплавов

Марка сплава	Содержание элементов (остальное Mg), %				Вид термической обработки	Механические свойства			
	Mn	Zn	Al	прочие		σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	НВ
						Не менее			
Деформируемые сплавы (ГОСТ 14957-76)									
МА5	0,15-0,50	0,2-0,8	7,8-9,2	-	Закалка и старение	320	220	14	55
МА11	1,5-2,5	-	-	2,5-3,5 Nd, 0,10-0,22 Ni	Закалка и старение	280	140	10	-
МА14	-	5-6	-	0,3-0,9 Zr	Закалка и старение	350	300	9	60
МА19	-	5,5-7,0	-	0,5-0,9 Zr, 0,2-1,0 Cd, 1,4-2,0 Nd	Закалка и старение	380	330	5	80
Литейные сплавы (ГОСТ 2856-79)									
МЛ5	0,15-0,50	0,2-0,8	7,5-9,0	-	Закалка и старение	255	120	6	25
МЛ8	-	5,5-6,6	-	0,7-1,1 Zr, 0,2-0,8 Cd	Закалка и старение	255	155	5	-
МЛ12	-	4-5	-	0,6-1,1 Zr	Закалка и старение	270	160	6	-
МЛ10	-	0,1-0,7	-	0,4-1,0 Zr, 2,2-2,8 Nd	Без т.о.	200	95	6	26
МЛ15	-	4-5	-	0,7-1,1 Zr, 0,6-1,2 La	Без т.о.	210	130	3	28

Ц – цинк. Порядок букв и цифр различен для деформируемых и литейных сплавов.

В марках деформируемых латуней (табл. 4) по ГОСТ 15527-2004 первые две цифры после буквы Л обозначают среднее содержание меди в процентах. Цифры, указывающие содержание других элементов в сплаве, пишут через тире после всех букв, обозначающих эти элементы. Содержание цинка определяют по разности от 100 %.

Например: Л70 – деформируемая латунь, содержащая около 70 % меди и $100 - 70 = 30$ % цинка;

ЛО70-1 – деформируемая латунь, содержащая 70 % меди, 1% олова и $100 - 70 - 1 = 29$ % цинка;

ЛАЖ60-1-1 – деформируемая латунь, содержащая 60 % меди, 1 % алюминия, 1 % железа и $100 - 60 - 1 - 1 = 38$ % цинка.

Деформируемые латуни хорошо поддаются холодной обработке давлением, обработке резанием, имеют высокую коррозионную стойкость.

Из них изготавливают радиаторные трубки, гильзы патронов и снарядов, сильфоны, втулки, тройники, штуцеры, токопроводящие детали электрооборудования и т.д.

В литейных латунях (см. табл. 4) по ГОСТ 17711-93 среднее содержание элемента в процентах ставят сразу после буквы, обозначающей данный элемент. Отсутствие цифры означает, что данного элемента в сплаве около 1 %. Содержание меди определяют по разности от 100 %.

Например: ЛЦ40С – литейная латунь, содержащая 40 % цинка, 1 % свинца и $100 - 40 - 1 = 59$ % меди;

ЛЦ40МцЗЖ – литейная латунь, содержащая 40 % цинка, 3 % марганца, 1 % железа и $100 - 40 - 3 - 1 = 56$ % меди.

Литейные латуни обладают хорошей жидкотекучестью, коррозионной стойкостью и антифрикционными свойствами. Из них изготавливают втулки, сепараторы шариковых и роликовых подшипников, гребные винты и их лопасти и т.д.

В марках деформируемых бронз (табл. 5) содержание основ-

Таблица 4

Химический состав и механические свойства некоторых латуней

Марка сплава	Содержание элементов (остальное Zn), %		Вид полуфабриката, вид термической обработки или способ литья	Механические свойства		
	Cu	прочие		σ_B , МПа	δ , %	НВ
				Не менее		
Деформируемые латуни (ГОСТ 15527-2004)						
Л90	88-91	-	Листы, отжиг	230	36	60
Л63	62-65	-	Листы, отжиг	290	38	70
ЛО70-1	69-71	1,0-1,5 Sn	Трубы, отжиг	314	55	47
ЛА77-2	76-79	1,7-2,5 Al	Трубы, отжиг	300	23	-
ЛК80-3	79-81	2,5-4,0 Si	Прутки, отжиг	275	53	93
ЛАН59-3-2	57-60	2,5-3,5 Al, 2-3 Ni	Прутки, отжиг	440	40	108
Литейные латуни (ГОСТ 17711-93)						
ЛЦ40Мц3Ж	53-58	0,5-1,5 Fe, 3-4 Mn	В песчаные формы	441	18	90
ЛЦ38Мц2С2	57-60	1,5-2,5 Pb, 1,5-2,5 Mn	В песчаные формы	245	15	80
ЛЦ40С	57-61	0,8-2,0 Pb	В кокиль	215	20	80
ЛЦ30А3	66-68	2-3 Al	В песчаные формы	294	12	80
ЛЦ16К4	78-81	3,0-4,5 Si	В песчаные формы	294	15	100
ЛЦ14К3С3	77-81	2-4 Pb, 2,5-4,5 Si	В кокиль	294	15	100

Таблица 5

Химический состав и механические свойства некоторых бронз

Марка сплава	Содержание элементов (остальное Cu), %				Вид полуфабриката, вид термической обработки или способ литья	Механические свойства		
	Sn	Pb	Zn	прочие		σ_b , МПа	δ , %	НВ
						Не менее		
Деформируемые оловянные бронзы (ГОСТ 5017-2006)								
БрОФ6,5-0,4	6-7	-	-	0,26-0,40 P, 0,1-0,2 Ni	Полосы, отжиг	295	60	69
БрОЦ4-3	3,5-4,0	-	2,7-3,3	-	Полосы, отжиг	290	35	-
БрОЦС4-4-2,5	3-5	1,5-3,5	3-5	-	Полосы, отжиг	294	35	-
Деформируемые безоловянные бронзы (ГОСТ 18175-78)								
БрА5	-	-	-	4-6 Al	Листы, отжиг	274	33	-
БрАЖ9-4	-	-	-	8-10 Al, 2-4 Fe	Прутки прессован- ные	540	15	110
БрБ2	-	-	-	1,8-2,1 Be, 0,2-0,5 Ni	Прутки, закалка и старение	1080	2	320
БрКМц3-1	-	-	-	2,75-3,50 Si, 1,0-1,5 Mn	Полосы, отжиг	350	35	-
БрКН1-3	-	-	-	0,6-1,1 Si, 2,4-3,4 Ni, 0,1-0,4 Mn	Прутки, закалка и старение	620	5	-

Продолжение табл. 5

Марка сплава	Содержание элементов (остальное Cu), %				Вид полуфабриката, вид термической обработки или способ литья	Механические свойства		
	Sn	Pb	Zn	прочие		σ_B , МПа	δ , %	НВ
						Не менее		
Литейные оловянные бронзы (ГОСТ 613-79)								
БрОЗЦ12С5	2,0-3,5	3-6	8-18	-	В кокиль	206	5	58
БрО5Ц5С5	4-6	4-6	4-6	-	В песчаные формы	147	6	58
БрО10Ц2	9-11	-	1-3	-	В песчаные формы	215,5	10	63
Литейные безоловянные бронзы (ГОСТ 493-79)								
БрА10Ж3Мц2	-	-	-	9-11 Al, 2-4 Fe, 1-3 Mn	В кокиль	490	12	117
БрА10Ж4Н4	-	-	-	9,5-11,0 Al, 3,5-5,5 Fe, 3,5-5,5 Ni	В кокиль	587	6	166
БрА11Ж6Н6	-	-	-	10,5-11,5 Al, 5,0-6,5 Fe, 5,0-6,5 Ni	В песчаные формы	587	2	245

ного компонента – меди – не указывают, а определяют по разности от 100 %. Цифры, указывающие содержание элементов в сплаве, пишут через тире после всех букв, обозначающих эти элементы.

Например: БрОФ6,5-0,4 – деформируемая бронза, содержащая 6,5 % олова, 0,4 % фосфора и $100 - 6,5 - 0,4 = 93,1$ % меди.

Деформируемые оловянные бронзы (ГОСТ 5017-2006) обладают хорошими антифрикционными свойствами и коррозионной стойкостью. Их используют для изготовления плоских и круглых пружин, барометрических коробок, мембран, антифрикционных деталей.

К деформируемым безоловянным бронзам (ГОСТ 18175-78) относят:

1. Алюминиевые бронзы БрА5, БрА7, БрАЖ9-4 и др. Они отличаются высокими механическими, антикоррозионными и антифрикционными свойствами. Из них изготавливают втулки, фланцы, шестерни, червячные колеса и другие ответственные детали.

2. Бериллиевые бронзы БрБ2 и др. Они имеют высокую прочность, упругость, коррозионную стойкость, хорошо обрабатываются резанием и свариваются. Эти бронзы используют в приборостроении для изготовления ответственных пружин, мембран, кулачков, пружинящих контактов и т.д.

3. Кремнистые бронзы БрКМц3-1, БрКН1-3. Они характеризуются хорошими механическими, упругими и антифрикционными свойствами. Такие бронзы легко обрабатываются давлением, резанием и свариваются. Кремнистые бронзы используют вместо более дорогих оловянных для изготовления антифрикционных деталей, а также для замены бериллиевых бронз при производстве пружин, мембран и других упругих деталей, работающих в пресной и морской воде.

В марках литейных бронз (см. табл. 5), как и в литейных латунях, среднее содержание элемента в процентах ставят сразу после буквы, обозначающей этот элемент.

Например: БрОЗЦ12С5 – литейная бронза, содержащая 3 % олова, 12 % цинка, 5 % свинца и $100 - 3 - 12 - 5 = 80$ % меди.

Литейные оловянные (ГОСТ 613-79) и безоловянные (ГОСТ 493-79) бронзы обладают хорошей жидкотекучестью и малой усадкой, что позволяет применять их для изготовления сложных отливок, в частности художественного литья. Высокая коррозионная стойкость в атмосферных условиях, пресной и морской воде способствует их широкому использованию для изготовления пароводяной арматуры. Литейные бронзы являются также хорошим антифрикционным материалом, их применяют для изготовления подшипников скольжения.

2.4. Цинковые сплавы

Промышленные цинковые сплавы разработаны на базе систем Zn-Al и Zn-Al-Cu. Поскольку цинк относительно плохо деформируется, детали из цинковых сплавов изготавливают литьем.

Литейные цинковые сплавы (табл. 6) по ГОСТ 25140-93 маркируют буквами и цифрами. Первая буква Ц означает основу сплава (цинк), последующие буквы – основные легирующие компоненты (А – алюминий и М – медь), а цифры – среднее содержание компонентов в процентах.

Например: ЦА4М3 – литейный цинковый сплав, содержащий около 4 % алюминия и 3 % меди.

Лучшими способами получения отливок из цинковых сплавов являются литье под давлением и литье в кокиль. Относительно низкая температура литья определяет легкие условия работы пресс-форм и кокилей, а высокая жидкотекучесть позволяет отливать тонкостенные детали сложной формы.

Наиболее широко литейные цинковые сплавы используют в автомобильной промышленности для отливки корпусов карбюраторов, насосов, спидометров, решеток радиаторов, деталей гидравлических тормозов, а также в других отраслях промышленности, бытовой технике для отливки деталей приборов, корпусов, арматуры и т.д.

Таблица 6

Химический состав (ГОСТ 25140-93) и механические свойства
некоторых литейных цинковых сплавов

Марка сплава	Содержание элементов (остальное Zn), %				Способ литья	Механические свойства		
	Al	Cu	Mg	прочие		σ_b , МПа	δ , %	НВ
ЦА4	3,5-4,5	-	0,02-0,06	-	Под давлением	256	1,2	70
ЦА4М1	3,5-4,5	0,7-1,3	0,02-0,06	-	Под давлением	270	1,7	80
ЦА4М3	3,5-4,5	2,5-3,7	0,02-0,06	-	Под давлением	290	1,5	90
ЦА8М1	7,1-8,9	0,7-1,4	0,01-0,06	-	В кокиль	235	1,5	70
ЦА30М5	28,5-32,1	3,8-5,6	0,01-0,08	0,01-0,50 Fe	В кокиль	435	8	115

2.5. Титановые сплавы

Титановые сплавы по технологии изготовления подразделяют на деформируемые и литейные; по способности упрочняться термической обработкой – на упрочняемые и не упрочняемые термообработкой; по структуре в отожженном состоянии – на α - (имеют гексагональную кристаллическую решётку), β - (с кубической объёмно-центрированной решёткой) и $(\alpha + \beta)$ -сплавы.

К α -сплавам относятся сплавы титана с алюминием, а также сплавы дополнительно легированные оловом или цирконием. Они характеризуются средней прочностью при 20 °С, высокими механическими свойствами при пониженных и повышенных температурах. Такие сплавы обладают отличной свариваемостью и удовлетворительной обрабатываемостью резанием. Недостатки сплавов с α -структурой – неупрочняемость термической обработкой и низкая технологическая пластичность.

Двухфазные $(\alpha + \beta)$ -сплавы обладают лучшим сочетанием механических и технологических свойств. Они легированы в основном алюминием с добавками ванадия, молибдена, хрома, железа. Сплавы $\alpha + \beta$ упрочняются термической обработкой – закалкой и старением. В отожжённом состоянии они имеют хорошую пластичность, а после закалки и старения – высокую прочность при 20 °С и при повышенных температурах. Двухфазные сплавы удовлетворительно свариваются и обрабатываются резанием.

Однофазные β -сплавы не имеют промышленного применения, так как обладают пониженной удельной прочностью и высокой стоимостью.

Маркировка деформируемых титановых сплавов (табл. 7) по ГОСТ 19807-91 отражает наименование организации-разработчика и порядковый номер разработки сплава. Так, марка ВТ означает «ВИАМ титан» (ВИАМ – Всероссийский институт авиационных материалов); марка ОТ означает «Опытный титан» – сплавы, разработанные совместно ВИАМом и заводом ВСМПО (г. Верхняя Салда, Свердловской области); марка ПТ означает «Прометей титан» – разработчик ЦНИИ КМ («Прометей», г. Санкт-Петербург).

Таблица 7

Химический состав (ГОСТ 19807-91) и механические свойства
некоторых деформируемых титановых сплавов

Марка сплава	Содержание элементов (остальное Ti), %				Структура, вид термической обработки	Механические свойства			
	Al	V	Mo	прочие		σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %, не менее	КСУ, МДж/м ² , не менее
BT5	4,5-6,2	1,2	0,8	0,3 Zr	α -сплавы, отжиг	700-950	660-850	10	0,5
BT5-1	4,3-6,0	1,0	–	2-3 Sn 0,3 Zr		750-950	650-850	10	0,4
OT4	3,5-5,0	–	–	0,8-0,2 Mn 0,3 Zr		700-900	550-650	12	0,5
BT6	5,3-6,8	3,5-5,3	–	0,3 Zr	$\alpha+\beta$ -сплавы, закалка и старение	1100-1150	1000-1050	14	0,3
BT14	3,5-6,3	0,9-1,9	2,5-3,8	0,3 Zr		1150-1400	1080-1300	6	–
BT22	4,4-5,7	4,0-5,5	4,0-5,5	0,5-1,5 Cr 0,5-1,5 Fe 0,3 Zr		1100-1250	–	9	0,4

Литейные титановые сплавы специально не создавались. Для фасонного литья используют сплавы тех же составов (с несколько большим содержанием примесей), что и для производства деформируемых заготовок. В конце марки литейного сплава добавляют букву «Л» (например, ВТ20Л). Такие сплавы обладают более низкими механическими свойствами, чем деформируемые. Упрочняющая термическая обработка резко снижает пластичность литейных сплавов и поэтому не применяется.

Титановые сплавы получили широкое применение в авиации, ракетной технике, судостроении, химической и других отраслях промышленности. Их используют для обшивки сверхзвуковых самолетов, изготовления деталей реактивных авиационных двигателей, корпусов ракетных двигателей, баллонов для сжатых и сжиженных газов, обшивки морских судов, подводных лодок и т.д.

2.6. Антифрикционные сплавы

Антифрикционные сплавы применяют для изготовления вкладышей подшипников скольжения. Эти сплавы должны иметь достаточную твердость, но не очень высокую, чтобы не вызвать сильного износа вала; сравнительно легко деформироваться под влиянием местных напряжений, т.е. быть пластичными; удерживать смазочный материал на поверхности; иметь малый коэффициент трения между валом и подшипником; обладать хорошей теплостойкостью для обеспечения интенсивного теплоотвода от поверхностей трения; быть устойчивыми к коррозии.

Для обеспечения этих свойств структура антифрикционных сплавов должна быть неоднородной и состоять из мягкой и пластичной основы с включениями твердых частиц (реже из твердой основы и мягких включений).

В качестве антифрикционных сплавов используют чугуны, сплавы на основе меди-бронзы и латуни, сплавы на оловянной, свинцовой, цинковой и алюминиевой основе.

Чугунные вкладыши изготавливают из серых чугунов СЧ15, СЧ20 (ГОСТ 1412-85) и легированных антифрикционных чугунов: серых АЧС-1, АЧС-2 и др.; высокопрочных АЧВ-1 и АЧВ-2; ковких АЧК-1 и АЧК-2 (ГОСТ 1585-85). Они предназна-

чены для работы при значительных давлениях и малых скоростях скольжения. К достоинствам чугунов можно отнести их невысокую стоимость, к недостаткам – плохую прирабатываемость, чувствительность к недостаточности смазочного материала и пониженную стойкость к воздействию ударных нагрузок.

Бронзы имеют лучшие, чем чугуны, антифрикционные свойства. Чаще всего используют оловянные и свинцовые бронзы БрО10Ф1, БрО5Ц5С5, БрО6Ц6С3 (ГОСТ 613-79), БрС30 (ГОСТ 493-79). Бронзы применяют для монолитных подшипников скольжения турбин, электродвигателей, компрессоров, работающих при значительных давлениях и средних скоростях скольжения.

Латуни применяют в качестве заменителей бронз для опор трения. Однако по антифрикционным свойствам они уступают бронзам. Латуни ЛЦ16К4, ЛЦ38Мц2С2, ЛЦ40Мц3А и др. (ГОСТ 17711-93) применяют при малых скоростях скольжения и невысоких нагрузках. Их часто используют для опор трения приборов.

Антифрикционные сплавы на оловянной или свинцовой основе называют баббитами (табл. 8). В соответствии с ГОСТ 1320-74 к сплавам на оловянной основе относят баббиты Б83 (содержит примерно 83 % олова), Б88 (88 % олова) и Б83С (83 % олова, со свинцом), на свинцовой основе – Б16 (16 % олова), БС6 (6 % олова, с сурьмой) и БН (с никелем). Другую группу образуют более дешевые свинцово-кальциевые баббиты (ГОСТ 1209-90) БКА (с кальцием и алюминием), БК2 (2 % олова, с кальцием) и др.

По антифрикционным свойствам баббиты превосходят все остальные сплавы, но значительно уступают им по сопротивлению усталости. Поэтому баббиты применяют только для тонкого (менее 1 мм) покрытия рабочей поверхности опоры скольжения. Наилучшими свойствами обладают оловянные баббиты. Их используют для подшипников ответственного назначения (дизелей, паровых турбин и т.п.), работающих при больших скоростях и нагрузках.

К антифрикционным цинковым сплавам по ГОСТ 21438-95 (см. табл. 8) относят ЦАМ10-5 (содержит 10 % алюминия и 5 % меди) и ЦАМ9-1,5 (9 % алюминия и 1,5 % меди). Отличаясь вы-

Таблица 8

Химический состав некоторых антифрикционных сплавов

Марка сплава	Содержание элементов, %						
	Sn	Sb	Cu	Pb	Al	Ni	прочие
Баббиты (ГОСТ 1320-74)							
Б83	остальное	7,3-7,8	2,5-3,5	-	-	0,15-0,25	0,8-1,2 Cd
Б88	остальное	10-12	5,5-6,5	-	-	-	-
Б83С	остальное	9-11	5-6	1,0-1,5	-	-	-
Б16	15-17	15-17	1,5-2,0	остальное	-	-	-
БС6	5,5-6,5	5,5-6,5	0,1-0,3	остальное	-	-	-
БН	9-11	13-15	1,5-2,0	остальное	-	-	-
Баббиты (ГОСТ 1209-90)							
БКА	-	-	-	остальное	0,05-0,20	-	0,95-1,15 Ca, 0,7-0,9 Na
БК2	1,5-2,1	-	-	остальное	-	-	0,30-0,55 Ca, 0,2-0,4 Na, 0,06-0,11 Mg

Продолжение табл. 8

Марка сплава	Содержание элемента, %						
	Sn	Sb	Cu	Pb	Al	Ni	прочие
Цинковые антифрикционные сплавы (ГОСТ 21438-95)							
ЦАМ10-5	-	-	4,0-5,5	-	9-12	-	0,03-0,06 Mg остальное Zn
ЦАМ9-1,5	-	-	1-2	-	9-11	-	0,03-0,06 Mg остальное Zn
Алюминиевые антифрикционные сплавы (ГОСТ 14113-78)							
АО6-1	5-7	-	0,7-1,3	-	остальное	0,7-1,3	-
АО9-2	8-10	-	2,0-2,5	-	остальное	0,8-1,2	0,3-0,7 Si
АО20-1	17-23	-	0,7-1,2	-	остальное	-	-

сокими антифрикционными свойствами и достаточной прочностью при комнатной температуре, эти сплавы могут заменять бронзы для узлов трения, температура которых не превышает 100 °С. При более высоких температурах сплавы размягчаются и налипают на вал.

Алюминиевые антифрикционные сплавы изготавливают по ГОСТ 14113-78 (см. табл. 8). К ним относят АО6-1 (содержит 6 % олова и 1 % меди), АО9-2 (9 % олова и 2 % меди) и др. Алюминиевые сплавы обладают достаточно высокими антифрикционными свойствами, но по технологичности уступают баббитам. Их более высокая твердость требует обработки цапф с повышенной чистотой, а высокий коэффициент линейного расширения – более тщательной сборки с большими зазорами. Алюминиевые сплавы применяют вместо баббитов и свинцовой бронзы в подшипниках, работающих при высоких нагрузках и средних скоростях.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с классификацией, маркировкой, свойствами и областью применения сплавов цветных металлов.
2. Расшифровать марки цветных сплавов по варианту задания, взятому из приложения.

4. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

1. Наименование и цель лабораторной работы.
2. Краткое изложение основных теоретических положений.
3. Расшифровку марок заданных сплавов.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. По каким признакам классифицируют алюминиевые сплавы?
2. Какие алюминиевые сплавы можно упрочнить термической обработкой?

3. Как маркируют деформируемые и литейные алюминиевые сплавы?
4. Назовите основные элементы, входящие в состав латуней.
5. Какие сплавы называют бронзами?
6. Как маркируют деформируемые латуни и бронзы?
7. Как маркируют литейные латуни и бронзы?
8. Как классифицируют титановые сплавы по структуре в отожженном состоянии?
9. Сплавы каких цветных металлов используют как антифрикционные?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материаловедение : учебник для вузов / под ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 648 с.
2. Лахтин, Ю. М. Материаловедение : учебник для вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – Москва : Альянс, 2009. – 528 с.
3. Гуляев, А. П. Металловедение : учебник для вузов / А. П. Гуляев, А. А. Гуляев. – Москва : Альянс, 2011. – 644 с.

Приложение

Задание на расшифровку марок чугунов и цветных сплавов

Номер варианта	Сплавы
1	Д16; ЛК80-3; МА5
2	ЛН65-5; В95; ЦА4
3	АМг6; БрО3Ц12С5; МЛ5
4	ЛО62-1; АК8М; ЦАМ10-5
5	БрОЦС5-5-5; МА11; АМ5
6	ЛА77-2; БрА5; АМц
7	БрО4Ц4С17; МА14; ЦАМ9-1,5
8	ЛАН60-1-1; АМг3; МЛ8
9	БрБ2; Л63; ЦА30М5
10	ЛЖМц59-1-1; БрКН1-3; Д1
11	БрА7; ЛЦ30А3; МЛ10
12	Б88; Л90; БрА11Ж6Н6
13	БрАЖ9-4; ЦА4М3; ЛК80-3
14	АМг5; ЛЦ40С; БрОЦ4-3
15	БрО5ЦНС25; ЛАН59-3-2; МА14
16	ЛК80-3; АМг6; ЦА8М1
17	В95; ЛЦ40Мц3Ж; БрОЦС4-4-2,5
18	БрОФ4-0,25; ЛЦ40С; ЦА30М5
19	ЛА77-2; Д18; БрО3Ц12С5
20	БрОЦС5-5-5; ЛЦ16К4; АЧС-1
21	АМц; БрА10Ж3Мц2; МЛ12
22	ЛАН60-1-1; БрО10Ц2; ЦА4М1
23	АМг2; ЛЖМц59-1-1; МЛ15
24	БрБ2; ЛЦ38Мц2С2; МА19
25	Л90; Д18; БрА10Ж3Мц2
26	БрА7; ЛО70-1; АМг2
27	АЧК-1; ЛЦ30А3; БрАЖ9-4
28	БрА10Ж4Н4; ЛЦ40С; МЛ8
29	БрАЖМц10-3-1,5; МА14; Л63
30	АЧВ-2; ЛН65-5; БрО10Ц2

Составитель
Вячеслав Владиславович Драчев

**КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА
СПЛАВОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

Методические указания к лабораторной работе по дисциплинам
«**Материаловедение**», «**Основы материаловедения**»
для обучающихся технических направлений и специальностей

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 26.04.2021. Формат 60×84/16
Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 1,3
Тираж 50 экз. Заказ
Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28
Издательский центр Кузбасского государственного технического
университета имени Т. Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А