

А.П. Смирягин

**Промышленные цветные
металлы и сплавы**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621
ББК 34.4
А11

A11 **А.П. Смирягин**
Промышленные цветные металлы и сплавы / А.П. Смирягин – М.: Книга
по Требованию, 2021. – 560 с.

ISBN 978-5-458-24000-0

Приведены подробные сведения о физико-химических, механических и технологических свойствах важнейших промышленных цветных металлов и сплавов. Дана общая характеристика физических и коррозионных свойств каждой группы сплавов, влияния на них добавок и вредных примесей, а также указаны области применения этих сплавов.

ISBN 978-5-458-24000-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

	Стр.
Литейные оловянные бронзы	289
Литейные оловянные бронзы ответственного назначения (нестандартные)	292
Бронза БрО10	294
Бронза БрОФ10-1	295
Бронза БрОЦ10-2	296
Бронза БрОЦ8-4	298
Бронза БрОС8-12	299
Бронза БрОС5-25	300
Бронза БрОЦС6-6-3	301
Часть IV. Никелевые и медноникелевые сплавы	302
Влияние компонентов и примесей	302
Светлый отжиг никелевых и медноникелевых сплавов	311
Коррозионные свойства никеля	312
Конструкционные никелевые и медноникелевые сплавы	315
Никель технический НТ	316
Никель маллегированный НК0,2 для электровакуумной промышленности	322
Никель марганцевый НМц2,5	324
Никель марганцевый НМц5	327
Монель-металл НМЖМц28-2,5-1,5	330
Мельхиор МНЖМц30-0,8-1	338
Мельхиор МН19	349
Нейзильбер МНЦ15-20	356
Нейзильбер свинцовый МНЦС17-18-1,8	362
Куниаль МНА13-3 (А) и МНА6-1,5 (Б)	364
Медноникелевый сплав МН5	370
Термоэлектродные никелевые и медноникелевые сплавы	377
Сплав МН0,6 (ТП)	377
Сплав МН16 (ТБ)	379
Копель МНМц43-0,5	382
Хромель НХ9,5 (1) и НХ9 (2) *	387
Алюмель НМцАК2-2-1	392
Сплавы сопротивления	398
Нихром Х20Н80	401
Ферронихром Х15Н60	403
Константан МНМц40-1,5	409
Манганин МНМц3-12	414
Магнитные сплавы	420
Часть V. Алюминий и его важнейшие сплавы	421
Влияние примесей и газов	421
Коррозионные свойства алюминия	424
Алюминий технический	425
Алюминиевые сплавы, обрабатываемые давлением	431
Алюминиевые сплавы литейные	442

<i>Часть VI. Магний и его важнейшие сплавы</i>	Стр. 450
Влияние примесей	450
Коррозионные свойства магния и его сплавов	450
Магний технический	451
Магниевые сплавы, обрабатываемые давлением	452
Магниевые сплавы литейные	455
Магниевые сплавы в чушках	458
<i>Часть VII. Олово и его важнейшие сплавы</i>	459
Влияние примесей	459
Коррозионные свойства олова	460
Олово техническое	461
Сплавы на основе олова	464
<i>Часть VIII. Свинец и его важнейшие сплавы</i>	465
Влияние примесей	465
Коррозионные свойства свинца	465
Свинец технический	466
Свинцовые сплавы	470
<i>Часть IX. Цинк и его важнейшие сплавы</i>	472
Влияние примесей	472
Коррозионные свойства цинка	473
Цинк технический	474
Цинковые сплавы	481
<i>Часть X. Титан и его сплавы</i>	482
Влияние газов и примесей на физико-химические свойства титана	483
Коррозионные свойства титана	487
Сплавы на основе титана	491
Влияние добавок на свойства титана	492
<i>Приложение</i>	497
Физико-химические свойства чистых металлов	497
Кристаллическая структура металлов	515
Упругость паров важнейших элементов	523
Растворимость газов в металлах	526
Электродные потенциалы	528
Механические свойства чистых металлов	530
Свойства химических соединений	535
Температуры плавления солей и их смесей, применяемых в качестве флюсов	548
Эталоны для определения микроскопическим методом величины зерна в металлах и однофазных сплавах	554
<i>Литература</i>	556

СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ ДОРОГОГО УЧИТЕЛЯ,
ЗАСЛУЖЕННОГО ДЕЯТЕЛЯ НАУКИ
И ТЕХНИКИ, ПРОФЕССОРА
АНАТОЛИЯ МИХАЙЛОВИЧА БОЧВАРА
АВТОР ПОСВЯЩАЕТ СВОЙ ТРУД

ПРЕДИСЛОВИЕ

В книге собраны сведения, необходимые для практической работы по изготовлению, обработке и применению важнейших цветных металлов и сплавов; приведены подробные данные о физико-химических, механических, технологических свойствах и применении указанных металлов и сплавов. Книга иллюстрирована диаграммами, показывающими изменение свойств сплавов в зависимости от степени деформации, температуры отжига и величины зерна, а также влияние высоких температур на свойства сплавов.

Для удобства пользования материалы о сплавах в книге расположены по принципу изменения основного компонента, как это принято в Государственных стандартах.

Второе издание книги вновь переработано и дополнено новейшими данными по физическим, механическим и химическим свойствам важнейших цветных металлов и сплавов, а также в нем уточнены и значительно дополнены диаграммы, характеризующие изменение свойств цветных металлов и сплавов. Книга дополнена разделами, касающимися весьма важных облагораживаемых сплавов: бериллиевых, хромовых, кремнистоникелевых бронз и др.

Полнее освещены вопросы, касающиеся влияния примесей, добавок, анизотропии свойств и коррозионной стойкости цветных металлов и сплавов. Учитывая пожелания многих читателей, расширен раздел о свойствах чистых металлов.

При составлении этой книги, кроме справочной литературы и ГОСТов, учтены опубликованные в советской и заграничной печати научно-исследовательские работы, а также работы автора за последние 30 лет.

ЧАСТЬ I

МЕДЬ ТЕХНИЧЕСКАЯ

Медь — химический элемент первой группы периодической системы Д. И. Менделеева с порядковым номером 29 и атомным весом 63,57 (физич. ат. вес 63,54). Известны стабильные изотопы меди с массами 63 и 65. Получены искусственные радиоактивные изотопы меди с массами: 58, 59, 60, 61, 62, 64, 66 и 67 и с периодами полураспада от 3 сек. до 60 час.

Техническая медь обладает высокой электропроводностью, теплопроводностью, коррозионной стойкостью; хорошо обрабатывается давлением как в горячем, так и холодном состоянии, что обуславливает широкое использование меди во всех областях промышленности как в чистом виде, так и в виде разнообразных сплавов

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ НА СВОЙСТВА МЕДИ

В этом разделе рассматривается влияние на свойства меди примесей как присутствующих в стандартных марках меди, так и примесей, которые могут попасть в медь, например, при использовании вторичных металлов или при раскислении.

Здесь же даны сведения о влиянии на медь некоторых элементов (селен, теллур), имеющих самостоятельное значение. Данные о влиянии олова, никеля и цинка подробно рассматриваются в разделах, посвященных латуням и бронзам.

Многие примеси, содержащиеся в меди, влияют на ее физические и технологические свойства. Присутствие в меди некоторых примесей даже в ничтожных количествах резко снижает ее электропроводность. Влияние примесей, обычно встречающихся в технической меди, а также добавок некоторых элементов на электропроводность и теплопроводность меди, показано на рис. 1, 2 и 3.

Алюминий в стандартных марках технической меди не встречается и попадает в нее лишь случайно при использовании вторичных металлов. На механические свойства меди и обработку давлением алюминий заметного влияния не оказывает, но зато повышает коррозионную устойчивость ее и, в частности, резко уменьшает окисляемость при нормальной и повышенной температурах

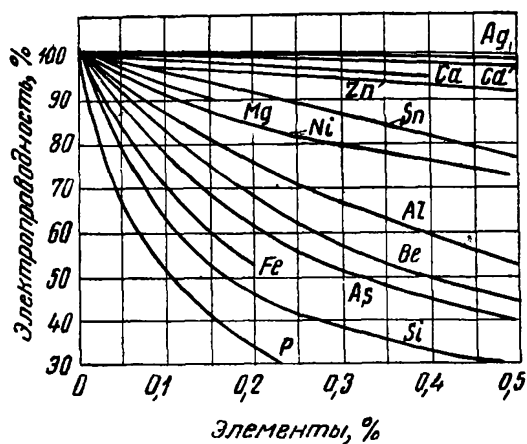


Рис 1 Влияние примесей на электропроводность меди

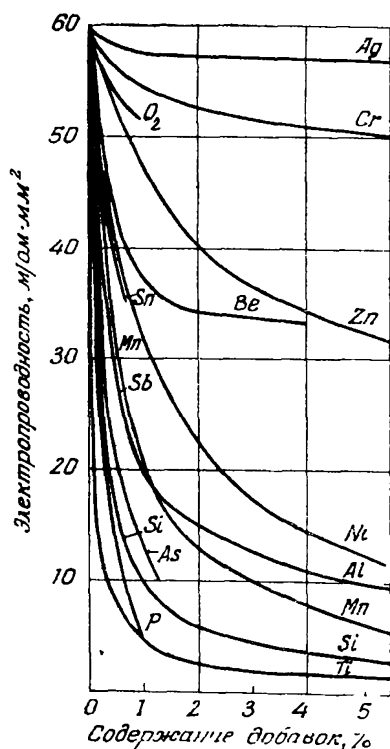


Рис. 2 Влияние добавок на электропроводность меди

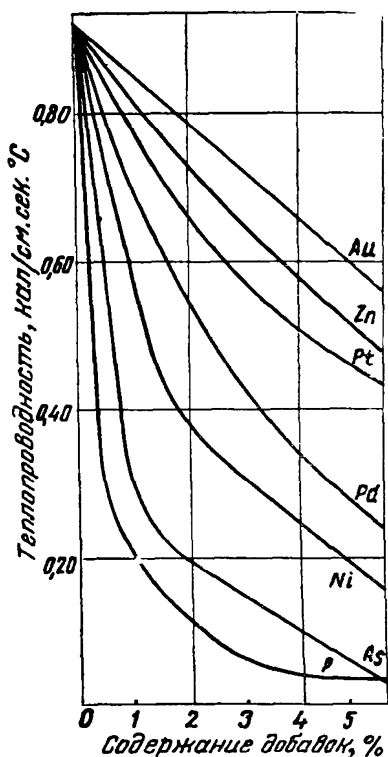


Рис. 3 Влияние добавок на теплопроводность меди

Отрицательное действие алюминий оказывает на медь при пайке и лужении, он также сильно понижает ее электропроводность и теплопроводность.

Бериллий в ряде случаев применяется как раскислитель. Его присутствие в незначительных количествах мало сказывается на электрических и других физических свойствах меди. Примеси бериллия повышают коррозионную стойкость меди при высоких температурах.

Висмут практически не растворим в меди в твердом состоянии. Диаграмма состояния $\text{Cu} - \text{Bi}$ представлена на рис. 4. Под

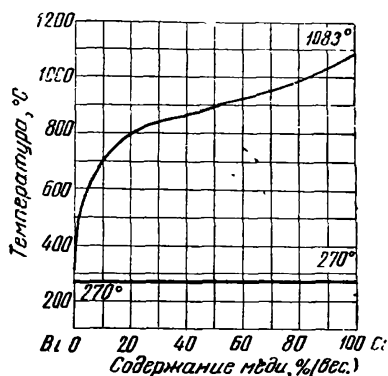


Рис. 4. Диаграмма состояния медь — висмут

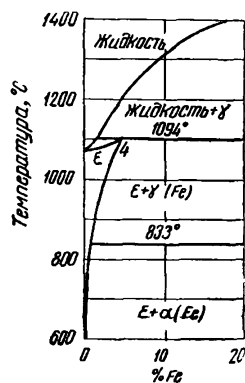


Рис. 5. Диаграмма состояния медь — железо (сторона меди)

влиянием небольших количеств висмута (0,005%) медь легко разрушается при горячей обработке давлением. При повышенном содержании висмута медь делается хрупкой и в холодном состоянии, поэтому он является весьма вредной примесью. На электропроводность меди висмут заметного влияния не оказывает.

Железо незначительно растворимо в меди в твердом состоянии. При 1050° железо входит в твердый раствор до 3,5%, а при температуре 635° растворимость его снижается до 0,15%.

Диаграмма состояния $\text{Cu} - \text{Fe}$ представлена на рис. 5. Железо измельчает структуру, задерживает рекристаллизацию, повышает прочность и снижает пластичность меди.

Электропроводность и теплопроводность меди под действием железа резко снижаются, также заметно понижается и коррозионная устойчивость. Если железо присутствует в меди как самостоятельная фаза, то медь приобретает магнитные свойства.

Кислород мало растворим в меди в твердом состоянии. На рис. 6 показаны границы α -твердого раствора в системе $\text{Cu} - \text{O}$.

При затвердевании меди кислород выделяется в виде эвтектики медь — закись меди, располагающейся по границам кристаллитов.

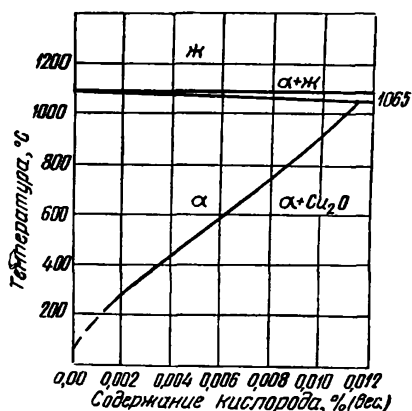


Рис. 6. Границы α -твердого раствора в системе медь — кислород. Сторона меди (А. П. Смирягин)

Содержание кислорода в литой и деформированной меди с большой точностью определяется микроскопическим методом по эталонам (см. ГОСТ 635—52. Медь. Методы анализа), так как количество эвтектики пропорционально содержанию кислорода в меди.

При рассмотрении под микроскопом в рассеянном свете закись меди имеет голубоватую окраску.

В поляризованном свете закись меди при скрещивании николей принимает рубиново-красную окраску, что является характерной особенностью для закиси меди, так как другие составляющие, например сульфиды, фосфиды меди и др., в этих условиях не дают вышеуказанной цветной окраски.

Кислород является вредной примесью, так как при повышенном его содержании заметно понижаются пластичность и коррозионные свойства меди, а также затрудняются процессы пайки, лужения и плакировки.

Влияние кислорода на механические и физические свойства холоднотянутой и отожженной меди приведено в табл. 1.

Еще в большей мере кислород отрицательно влияет на технологические свойства меди, в частности, медь, содержащая более 0,1% O, легко разрушается при горячей обработке давлением. Попытки парализовать вредное действие кислорода введением других элементов показали, что при определенном соотношении некоторых весьма вредных примесей, например сурьмы и мышьяка, значительно ослабляется их отрицательное действие, а также отрицательное действие кислорода.

В табл. 2 приведены данные, иллюстрирующие влияние кислорода на механические и физические свойства меди в присутствии мышьяка.

Из табл. 2 видно, что одновременное присутствие кислорода и мышьяка не сказывается на механических свойствах меди, но при этом весьма сильно снижается электропроводность.

Аналогичное влияние на механические свойства меди оказывают примеси кислорода и сурьмы, а также кислорода, сурьмы и мышьяка при совместном их присутствии (табл. 3).

Таблица 1

Влияние кислорода на свойства меди

Материал	Содержание кислорода %	Предел прочности при растяжении кг/мм ²	Относительное удлинение, %	Относительное сужение %	Предел устойчивости при 5 × 10 ⁷ циклах кг/мм ²	Электропроводность %	Плотность г/см ³
Медь, деформированная и отожженная при 700°, 30 мин	0,016	22,7	54	77	7,7	100	8,91
	0,040	22,4	50	72	9,4	100	8,90
	0,060	22,7	56	70	9,1	100	8,9
	0,090	23,1	53	65	8,4	100	8,88
	0,170	24,1	49	57	7,7	99,0	8,84
	0,360	25,9	55	39	7,7	96,2	8,76
Медь холодно-тянутая	0,036	26,2	30	73	12,9	99,6	
	0,049	26,2	29	68	12,2	98,9	
	0,094	26,6	27	63	13,3	97,9	
	0,220	28,7	27	49	11,9	94,6	

Таблица 2

Влияние кислорода и мышьяка на свойства меди
(образцы после деформации отжигались при 700° в течение 30 мин.)

O %	As %	Предел прочности при растяжении кг/мм ²	Удлинение, %	Сужение %	Электропроводность, %	Плотность г/см ³	Предел усталости при колебании 2 × 10 ⁷ кг/мм ²
0,016	0,053	22	57	72	85,5	8,91	9,8
0,005	0,093	22,4	57	70	76,9	8,89	10,1
0,003	0,36	22,7	60	79	45,3	8,92	9,5
0,009	0,60	23,4	55	62	33,7	8,85	10,1
0,013	0,86	23,8	56	66	25,6	8,86	10,5
0,006	1,04	23,8	59	79	22,5	8,91	10,8
0,11	0,09	—	—	58	73,9	8,87	10,8
0,039	0,09	22,7	62	70	75,3	8,9	9,5
0,04	0,24	23,1	57	71	55,1	8,89	10,8
0,06	0,25	22,7	58	67	54,8	8,88	10,5
0,07	0,30	23,1	55	66	49,9	8,88	10,5
0,058	0,34	23,4	56	64	46,4	8,88	10,2
0,071	0,44	23,1	59	67	40,8	8,88	10,8
0,034	0,45	23,8	62	72	37,9	8,90	11,2
0,05	0,93	24,8	61	72	24	8,9	10,8
0,005	1,40	—	—	67	19,2	8,87	10,8
0,006	2,02	25,5	59	64	14,5	8,86	11,9

Таблица 3

Влияние кислорода, сурьмы и мышьяка на свойства меди
(образцы отжигались при 700° в течение 30 мин.)

O %	Sb %	As %	Предел прочности при растяжении кг/мм ²	Относительное удлинение %	Сужение, %	Электропроводность %	Плотность, г/см ³	Предел усталости при 2×10 ⁷ колебаний кг/мм ²
0,008	0,0035	—	22	63	75	100	8,91	8,4
0,013	0,021	—	22,4	63	74	97,4	8,91	9,1
0,005	0,046	—	22,4	60	72	94,8	8,9	9,1
0,015	0,092	—	23,4	49	73	94,1	8,92	9,1
0,016	0,22	—	23,1	67	77	75,6	8,92	10,8
0,014	0,47	—	23,4	58	66	56,4	8,92	12,2
0,014	0,05	0,05	22,4	60	73	82,5	8,9	10,5
0,018	0,32	0,045	22,4	59	71	48,9	8,89	10,5
0,019	0,51	0,048	23,1	58	73	38,8	8,89	11,2
0,018	0,05	0,25	23,8	59	77	65,9	8,91	11,2
0,017	0,32	0,24	23,5	59	75	46,2	8,9	11,2
0,013	0,55	0,24	23,8	64	76	32	8,91	12,2
0,018	0,06	0,49	24,5	60	76	56,8	8,89	11,9
0,017	0,53	0,50	25,2	62	76	39,9	8,9	12,2

Однако при наличии в меди примесей кислорода, мышьяка и сурьмы, ее электропроводность под влиянием суммы этих примесей резко снижается.

Данные о влиянии примесей кислорода и висмута, а также кислорода и железа при их совместном присутствии на механические и физические свойства меди приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Влияние кислорода и висмута на свойства меди

Материал	O %	Bi %	Предел прочности при растяжении кг/мм ²	Относительное удлинение, %	Относительное сужение %	Электропроводность, %	Плотность, г/см ³	Предел усталости при 2×10 ⁷ колебаний кг/мм ²
Отожженный при 700°, 30 мин.	0,015	0,002	22,4	66	68	100	8,9	9,4
	0,016	0,006	23,1	62	72	100	8,92	9,4
	0,011	0,016	23,4	60	74	100	8,91	9,4
	0,015	0,015	23,1	64	72	99,5	8,89	10,5
Холоднотянутый (накл. 50%)	0,015	0,002	36,7	17	62	99,9	8,92	13,3
	0,016	0,006	37,4	17	65	99,8	8,92	13,6
	0,011	0,016	36,4	17	60	100	8,92	13,6
	0,015	0,015	36,4	13	73	98,9	8,93	13,3