

СГАУ:6

0-611

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА

**ОПИСАНИЕ МИКРОСТРУКТУР
СПЛАВОВ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ,
СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ**

САМАРА 2003

с.г.а.у.: 6
Ю-611

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА

ОПИСАНИЕ МИКРОСТРУКТУР СПЛАВОВ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ

Методические указания к лабораторным работам

665594

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока

Самарский Государственный
аэрокосмический университет
№ 665594
Научно-техническая
библиотека

Составитель В.С. Уварова

УДК 669.01

Описание микроструктур сплавов, их классификация, свойства и применение: Метод указания к лабораторным работам / Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост. В.С. Уварова. Самара, 2003. 19 с.

Приведены данные по химическому составу, микроструктуре, классификации, свойствам и области применения двойных сплавов свинец-сурьма, тройных сплавов кадмий-свинец-висмут, чугунов, углеродистых и легированных сталей.

Методические указания предназначены для студентов металлургической и механической специальностей авиационного профиля при выполнении ими лабораторных работ или практических занятий. Работа выполнена на кафедре "Технология металлов и авиаматериаловедение".

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева

Рецензент доц. М.Г. Лосев



МИКРОСТРУКТУРА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ "СВИНЕЦ-СУРЬМА"

N шлифа	Химический состав (%)	Тип сплава	Структурные составляющие по диаграмме состояния "Pb-Sb"	Описание микроструктуры
1	2	3	4	5
1	Sb 2 Pb 98	Дозв-тектический	Pb + э(Pb+Sb)	Темные кристаллы избыточного свинца со следами дендритного строения на фоне пестрой эвтектики, состоящей из механической микросмеси кристаллов темного свинца и светлой сурьмы. Свинец, входящий в эвтектику, коалесцирует (срастается) с избыточными кристаллами свинца
2	Sb 8 Pb 92	Дозв-тектический	Pb + э(Pb+Sb)	Темные избыточные кристаллы свинца на фоне пестрой эвтектики, занимающей большую площадь шлифа
3	Sb 13 Pb 87	Эвтектический	э(Pb+Sb)	Вся площадь шлифа занята пестрой эвтектикой.
4	Sb 25 Pb 75	Заэвтектический	Sb + э(Pb+Sb)	Светлые избыточные кристаллы сурьмы в виде многогранников на фоне пестрой эвтектики
5	Sb 70 Pb 30	Заэвтектический	Sb + э(Pb+Sb)	Очень крупные светлые избыточные кристаллы сурьмы, занимающие подавляющую площадь шлифа, на фоне пестрой эвтектики

МИКРОСТРУКТУРА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ
"КАДМИЙ-СВИНЕЦ-ВИСМУТ"

N шлифа	Химический состав (%)	Структурные составляющие по диаграмме состояния "Cd-Pb-Bi"	Описание микроструктуры
1	2	3	4
1	Pb 20 Bi 10 Cd 70	Cd + α_2 (Cd+Pb)+ α_3 (Cd+Pb+Bi)	Светлые кристаллы (дендриты) избыточного кадмия, очень малые участки двойной эвтектики "кадмий-свинец", примыкающие к зернам кадмия, и темная тройная эвтектика "кадмий-свинец-висмут". Наблюдается явление коалесценции, то есть присоединение кадмия из двойной и тройной эвтектик к избыточному кадмию
2	Pb 20 Bi 25 Cd 55	Cd + α_3 (Cd+Pb+Bi)	Светлые кристаллы (дендриты) избыточного кадмия на фоне темной тройной эвтектики "кадмий-свинец-висмут". В дендритах кадмия иногда проявляется слоистое ("луковичное") строение, которое, вероятно, является следствием выделения примесей на поверхностях кристаллизующихся дендритов
3	Pb 20 Bi 45 Cd 35	Cd + α_2 (Cd+Bi)+ α_3 (Cd+Pb+Bi)	Небольшие светлые зерна избыточного кадмия; большие участки сравнительно крупнозернистой двойной эвтектики "кадмий-висмут", представляющей смесь светлых зерен кадмия и висмута, на темном фоне тройной мелкозернистой эвтектики "кадмий-свинец-висмут"

Окончание

1	2	3	4
4	Pb 20 Bi 60 Cd 20	α_2 (Cd+Bi)+ α_3 (Cd+Pb+Bi)	Темная мелкозернистая тройная эвтектика "кадмий-свинец-висмут" и более светлая крупнозернистая двойная эвтектика "кадмий-висмут"
5	Pb 20 Bi 70 Cd 10	Bi + α_2 (Cd+Bi)+ α_3 (Cd+Pb+Bi)	Светлые, крупные, резко очерченные, часто квадратной формы кристаллы избыточного висмута и темная тройная эвтектика "кадмий-свинец-висмут". Местами видна более крупнозернистая вырожденная двойная эвтектика "кадмий-висмут"
6	Pb 20 Bi 76,5 Cd 3,5	Bi α_3 (Cd+Pb+Bi)	Светлые, резко очерченные кристаллы избыточного висмута и темная тройная эвтектика "кадмий-свинец-висмут". Видны также участки вырожденной двойной эвтектики "кадмий-висмут", как следствие неравновесной кристаллизации

МИКРОСТРУКТУРА ЧУГУНОВ

№ шлифа	Марка чугуна	Структурные составляющие	Описание микроструктуры
1	2	3	4
1	Белый дозвтектический	П + Ц + Л	Темные участки перлита, светлый блестящий цементит в виде прослоек и колонии пятнистого ледобурита, в которых небольшие вкрапления темного перлита расположены на светлом фоне цементита
2	Ковкий чугун на ферритной основе	Ф + Гр	Серые хлопьевидные гнезда графита на фоне светлых зерен (полиэдров) феррита (черносердечный ковкий чугун)
3	Ковкий чугун на перлитно-ферритной основе	Ф + П + Гр	Серые хлопьевидные гнезда графита окружены кольцом светлого феррита. Остальная площадь шлифа занята темным перлитом (белосердечный ковкий чугун)
4	Серый чугун на перлитно-ферритной основе	Ф + П + Гр	Серые пластинчатые (чешуйчатые) включения графита на фоне зерен светлого феррита и темного перлита
5	Высокопрочный, модифицированный магнием чугун на ферритной основе	Ф + Гр	Серые включения шаровидного графита на фоне светлых зерен (полиэдров) феррита
6	Высокопрочный чугун на перлитно-ферритной основе	П + Ф + Гр	Серые включения шаровидного графита окружены кольцом светлого феррита. Остальная площадь шлифа занята темным перлитом

СВОЙСТВА И НАЗНАЧЕНИЯ ЧУГУНОВ

Вид чугуна	Марка	Механические свойства				Назначение
		$\sigma_{\text{в}}$, кг/мм ²	$\sigma_{\text{т}}$, кг/мм ²	δ , %	НВ	
Белый чугун	Дозвтектический	3	4	5	6	Белый чугун — прочен и даже хрупок при большом содержании углерода в нем. Поэтому 90% выплавленного белого чугуна преобразуется в сталь (перелитый чугун). Белые чугуны чувствительны к скорости охлаждения, поэтому получают отливки из половинчатого чугуна, зашки некоторых прокатных станков, желтоподорожные вагоны, колеса, шары для мельниц. За счет большой скорости охлаждения поверхность литейных изделий имеет структуру белого чугуна, а в глубине, где скорость охлаждения резко снижается, получается структура серого чугуна. Желтые чугуны получают отливок (голыми) отливок, изготовленных из дозвтектического белого чугуна. Детали из КЧ 30-6 и КЧ 33-8 работают в условиях низких и средних статических и динамических нагрузок. Кому-тиски, гайки, машины, шпильки, гребенки, фляжки, муфты, хрипильники, держатели. Детали из КЧ 35-10 и КЧ 37-12 отличаются повышенной прочностью в вязкости, поэтому выдерживают более высокие статические и динамические нагрузки. Картеры редукторов, задний мост, ступицы, скобы...
		30	30	6	100-169	
		33	33	8	100-149	
		35	35	10	100-149	
Ковкий чугун на ферритной основе	КЧ 30-6 КЧ 33-8 КЧ 35-10 КЧ 37-12	37		12	110-149	

1	2	3	4	5	6	7
Ковкий чугун на перлитно-ферритной основе	КЧ 45-6	45		6	150-207	Детали из КЧ 45-6 и КЧ 50-5 работают при высоких статических и динамических нагрузках, в условиях тяжелого износа: звенья приводных цепей, буксы, втулки, рычаги, ролики цепей конвейеров, тормозные колодки
	КЧ 50-5	50		5	170-230	
Серый чугун на перлитно-ферритной основе	СЧ 10	10	28		143-229	Детали работают при низких динамических нагрузках и трении: основания металлообрабатывающих станков, корпуса, стойки, крышки, фланцы, рычаги, маховики
	СЧ 15	15	32		163-229	
	СЧ 18	18	36		170-229	
Серый чугун на перлитной основе	СЧ 30	30	50		230-250	Детали испытывают средние динамические нагрузки: корпуса гидронасосов, стойки станков, станины, гидродиллиндры, головки и гильзы цилиндров...
	СЧ 40	40	60			
	СЧ 45	45	64			
Высокопрочный чугун на ферритной основе	ВЧ 38-17	38		17	140-170	Детали работают при больших нагрузках: кронштейны, звездочки, шестерни, крышки и цилиндры, тормозные диски
	ВЧ 40-10	40		10	156-197	
	ВЧ 42-12	42		12	140-200	
Высокопрочный чугун на перлитно-ферритной основе	ВЧ 45-5	45		5	170-207	Детали работают в довольно тяжелых условиях и при высоких давлениях: коленчатые валы автомобильных и тракторных двигателей, картеры, корпуса паровых турбин, траверсы прессов, детали кузнечно-прессового оборудования, вентили и насосы, работающие в коррозионных средах
	ВЧ 450-1.5	50		1.5	187-255	
	ВЧ 60-2	60		2	197-269	

Примечание: Новая маркировка высокопрочных чугунов: ВЧ 38, ВЧ 40, ВЧ 42, ВЧ 45, ВЧ 50, ВЧ 60.

МИКРОСТРУКТУРА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

N шлифа	Тип стали	Структурные составляющие по диаграмме состояния "Fe-Fe ₃ C"	Описание микроструктуры
1	2	3	4
1	Дозвтектоидная	Ф + П	Светлые зерна (полиэдры) феррита и малочисленные островки темного перлита между ними
2	-//-	Ф + П	Светлые зерна феррита и островки темного перлита, занимающие несколько большую площадь шлифа.
3	-//-	Ф + П	Темные зерна перлита и светлые зерна феррита
4	-//-	П + Ф	Темные зерна перлита и остатки светлого феррита, расположенные по сетке
5	Эвтектоидная	П	Вся площадь шлифа занята темным пластинчатым перлитом. Лишь в отдельных местах встречается перлит зернистого строения
6	Завзтектоидная	П + Ц _н	Темные зерна мелкопластинчатого перлита окружены тонкой, светлой, непрерывной сеткой цементита вторичного

6 СВОЙСТВА И НАЗНАЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ (ГОСТ 1050-71; ГОСТ М35-76)

Тип стали	Марки стали	Механические свойства (не более)					Назначение
		σ_B , кгс/мм ²	δ , %	НВ, в состоянии поставки (горячекатаная)		6	
1	2	3	4	5	5		
Дозв- тecto- идная	08	33	33	131		Малонагруженные детали: шестерни звездочки, тяги, вилки, шайбы, ролики, оси, подвергающиеся цементации	
	10	34	31	143			
	15	38	27	149			
	20	42	25	163			
	25	46	23	170			
	30	50	21	179			
	35	54	20	187			
	40	58	19	217			
	45	61	16	229			
	50	64	14	241			
	55	66	13	255		Средненагруженные детали: шестерни, оси, вилки, штифты, упоры, кольца, шайбы, втулки, шпандели, болты, гайки, крепежные детали	
	60	69	12	255		Средненагруженные детали: шатуны, валы, шестерни, галлыцы, зубчатые колеса, оси, муфты, гайки, шпонки, галлыцы траков, ходовые валки, ходовые винты станков	
	65	71	10	255		Высоконагруженные детали: шестерни, муфты, прижимные кольца, пружины, валы, зубчатые колеса, шпоки, галлыцы траков, муфты сцепления коробок передач, корпуса форсунок	
						Пружина плоские и круглые; пружинные кольца и шайбы; рессоры; эксцентрики, скобы	

Продолжение

1	2	3	4	5	6
75	110	7	285		
60Г	71	11	269		
Дозв- тecto- идная	У7	73	9	HRC 59-62	Инструментальная сталь для инструмента, подвергающегося ударам и требующего вязкости при умеренной твердости (HRC=56-58): кернер, зубила, отвертки, кузнечный инструмент, клейма, пробойники, штамповые детали, молотки слесарные, кувалды, косы сельскохозяйственные
	У8, У8А	110	6	HRC 60-63	
Элект- тоид- ная	У9, У10, У11			HRC 61-63	Для инструментов, подвергающихся ударам и требующих хорошей вязкости при высокой твердости (HRC до 60-62): матрицы, пуансоны, ножицы и ножи по металлу, столлярный инструмент, пресс-формы, зубила пневматические, пилы круглые, сверла стальные, фрезы, долото, стамески
Завз- тecto- идная					Для инструментов, не подвергающихся сильному ударам при максимальной твердости режущей грани: сверла, метчики, развертки, стамески, резцы, фрезы, монельные штемпели, буральный инструмент, медицинский инструмент, столлярные пилы, вырубные штампы проростой конфигурации

1	2	3	4	5	6
Зав- текто- идная	У 12, У 13			HRC 61-64	Для инструментов с максимальной износо- стойкостью при наибольшей твердости: плаш- ки, фрезы, резцы, напильники, зубила для на- сечки напильников, граверный инструмент, мерительный инструмент, сверла

Примечание: твердость HRC приводится после закалки и низкого отпуска.

Остальные свойства приведены для стали в состоянии поставки, без дополнительной термической обработки.

МИКРОИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

N шлифа	Марка стали	Химический состав (%)	Термооб- работка, состояние	Описание микроструктуры
1	2	3	4	5
1	30ХГСА	C 0,28-0,35 Mn 0,8-1,1 Si 0,9-1,2 Cr 0,8-1,1	Отжиг 880 °C	Мелкозернистая смесь темного сорбитообраз- ного перлита и светлого феррита
2	18Х2Н4ВА (18ХНВА)	C 0,14-0,2 Cr 1,35-1,65 Ni 4,0-4,4 W 0,8-1,2	Закалка 960 °C, воздух Отпуск 640 °C	Игольчатый сорбит отпуска, сохранивший за счет легирования ориентацию мартенси- та
3	ШХ15	C 0,95-1,05 Cr 1,3-1,65	Отжиг 800 °C, охлажде- ние 15- 20 °/час до 600 °C, далее воз- дух	Темный зернистый перлит и светлые бле- стящие частицы кар- бидов хрома и легиро- ванного цемента, распределенные час- тично по границам зерен и внутри
4	38Х2МЮА (38ХМЮА)	C 0,35-0,42 Cr 1,35-1,65 Mo 0,15-0,25 Al 0,7-1,1	Закалка 950 °C, воздух Отпуск 650 °C	Игольчатый сорбит отпуска, сохранивший за счет легирования ориентацию мартенси- та
5	P18	C 0,7-0,8 Cr 3,8-4,4 W 17,0-18,5 V 1,0-1,4 Mo ≤ 1,0 Si ≤ 0,5 Mn ≤ 0,4	Литье	Темные зерна перлита дендритного строения, участки пестрой мел- козернистой ледебу- ритной эвтектики ме- жду ними и светлые округлые карбиды
6	P18	-//-	После го- рячей ков- ки и отжи- га	Сорбит и множество равномерно распреде- ленных в нем светлых, крупных первичных и мелких вторичных карбидов

1	2	3	4	5
7	P18	-//-	Закалка 1280 ⁰ С, масло	Светлые зерна остаточного аустенита, высоколегированный безигольчатый мартенсит и мелкие, округлые, светлые, первичные карбиды
8	P18	-//-	Закалка 1280 ⁰ С, масло Трехкратный отпуск при 560 ⁰ С	Темный мартенсит отпуска и крупные, светлые первичные карбиды
9	X12M	С 1,45-1,65 Cr 11,0-12,5 Mo 0,4-0,6 V 0,15-0,3 Mn 0,15-0,4 Si 0,15-0,35	После горячейковки и отжига	Мелкозернистый (сорбитообразный) перлит и светлые частицы карбидов, измельченных при горячей деформации, с образованием строчечности
10	ЭИ 69 (45X14N14B2M)		Закалка 1000 ⁰ С, вода	Светлые зерна аустенита и мелкие, округлые, светлые карбиды хрома и вольфрама
11	ЭИ 437Б (ХН77ТЮР)	Cr 19,0-22,0 Ti 2,4-2,8 Al 0,6-1,0 Fe ≤ 4,0 C ≤ 0,07 B ≤ 0,01 Ni основа	Закалка 1080 ⁰ С, воздух Старение 700 ⁰ С, 16 часов	Светлые, очень крупные зерна γ -твердого раствора на основе никеля и темные, отдельные, нерастворившиеся, мелкие частицы интерметаллидов $Ni_3(Al,Ti)$ Cr_3B_3 TiN + мелкие, светлые, округлые карбиды TiC; $Cr_{23}C_6$

КЛАССИФИКАЦИЯ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

№ образца	Марка стали	Классификация стали:			Свойства
		по назначению	по структуре после отжига	по структуре после нормализации	
1	2	3	4	6	$\sigma_B = 110 \frac{кгс}{мм^2}$, $\sigma_{0,2} = 85 \frac{кгс}{мм^2}$, $\delta = 10\%$, $\psi = 45\%$, $\alpha_H = 5,0 \frac{кгс \cdot м}{см^2}$, хорошая свариваемость
1	30ХГСА	Конструкционная, улучшаемая	Доэвтектоидная (П+Ф)	Перлитный класс	
2	18Х2Н4ВА	Конструкционная, цементуемая	Доэвтектоидная (П+Ф)	Мартенситный класс	$\sigma_B = 110-140 \frac{кгс}{мм^2}$, $\delta = 14\%$, $\alpha_H = 11-14 \frac{кгс \cdot м}{см^2}$

1	2	3	4	5	6
3	ШХ15	Конструкционная, шарикоподшипниковая	Заэктондная (П+карбиды)	Перлитный класс	Высокая износостойкость при больших контактных давлениях. После закалки и низкого отпуска: HRC=61-66 После улучшения в сердцевине
4	38ХМЮА (38Х2МЮА)	Конструкционная, азотруемая	Дезэктондная (П+Ф)	Перлитный класс	$\sigma_B = 95 \frac{кгс}{мм^2}$, $\delta = 1.4\%$, $\psi = 50\%$ $\sigma_H = 10 \frac{кгс \cdot м}{см^2}$ Поверхность после азотирования: HRC ≈ 72 (HB=780-1050) После закалки и многократного отпуска при 560 С: HRC=61-64, $\sigma_{изг} = 260-300 \frac{кгс}{мм^2}$, износостойкость до 630 С
5-8	P18	Инструментальная, быстрорежущая	Ледобуритная (П+П+карбиды)	На практике классификация по структуре после нормализации не характерна для ледобуритных сталей	

9	X12M	Инструментальная, штамповая	Ледобуритная (П+П+карбиды)	Структурный класс ледобуритной стали устанавливается по структуре после отжига. Поэтому P18 и X12M являются сталями карбидного класса	После закалки и многократного отпуска при 500-580 С: HRC=60-62, $\sigma_H = 5-8 \frac{кгс \cdot м}{см^2}$, $\sigma_{изг} = 280-320 \frac{кгс}{мм^2}$
10	ЭИ69 (45X14H14B2M)	Жаропрочная, дисперсионно-твердеющая, с карбидным упрочнением спец. сталь, которая может использоваться как конструктивная	Данные стали классифицируются по равновесной структуре не по диаграмме Fe-Fe ₃ C, а по видоизмененным, учитывающим сложное легирование диаграммам	Аустенитный класс	Предел длительной прочности $\sigma_{10000}^{650} = 130$ МПа Предел ползучести $\sigma_{1/100000}^{650} = 40$ МПа
11	ЭИ437В (ХН77ТЮР)	Деформруемая, жаропрочный сплав на основе никеля (инконикс)			Предел длительной прочности $\sigma_{10000}^{750} = 110-200$ МПа Предел ползучести $\sigma_{1/100000}^{750} = 200$ МПа

ПРИМЕНЕНИЕ ИССЛЕДУЕМЫХ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

30ХГСА	Лопатки компрессорных машин, сварные самолетные конструкции. Крепежные детали, рычаги, толкатели, корпус, фланцы
18Х2Н4ВА	Цементуемые крупный, особо ответственные и тяжело нагруженные детали, работающие при больших скоростях и вибрационных нагрузках: коленчатые валы, шестерни, шатуны, муфты
ШХ15	Кольца, ролик, диаметром до 20 мм, шарик всех размеров
38Х2МЮА (38ХМЮА)	Азотируемые ответственные детали: шестерни, коленчатые валы, гильзы цилиндров и др., работающие на истирание и испытывающие ударные нагрузки
P18	Изготовленные всех видов режущего инструмента. Шлифовальная
X12M	Штампы для холодного деформирования с высокой устойчивостью против истирания, волоки, волокончатые диски, профилеформирующие ролики сложных форм
45Х14Н14В2М (ЭИ69)	Лопатки и диски газовых турбин, выпускные клапаны, трубопроводы, детали камер сгорания, крепежные детали ($T_{\text{рас}}$ до 600-650°C)
XН77ПОР (ЭИ4376)	Производство диска и рабочих лопаток газовых турбин ($T_{\text{рас}}$ до 800-850°C)

Учебное издание

Описание микроструктур сплавов, их классификация, свойства и применение

Методические указания к лабораторным работам

Составитель *Уварова Вера Сергеевна*

Редактор Л. Я. Чегодаева
Компьютерная верстка О. А. Ананьев

Подписано в печать 02.10.2003 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,16. Усл. кр. отт. 1,24. Уч. — изд. л. 1,25.
Тираж 120 экз. Заказ № Арт. С-39/2003.

Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С.П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

РИО Самарского государственного аэрокосмического
университета. 443001 Самара, ул. Молодогвардейская, 151.