**Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А.»**

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по курсу «Материаловедение»
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
18.03.01 «Химическая технология»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»

очной и заочной формы обучения

Энгельс 2026

Цель работы: изучить микроструктуры деформируемых и литейных сплавов на основе алюминия, меди, олова, свинца.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

На основе цветных металлов изготовляются многие конструкционные сплавы, имеющие широкое применение в промышленности. Это сплавы алюминия, меди, никеля, титана, магния, цинка и др.

По технологическому способу обработки цветные сплавы разделяются на две группы:

1. Деформируемые прокаткой, ковкой, штамповкой.
2. Литейные, применяемые для отливок.

1. Алюминиевые сплавы

Алюминиевые сплавы могут быть двух-, трех- и многокомпонентными. В качестве легирующих элементов в них входят Cu, Mg, Mn, Zn, Si и др., обладающие ограниченной растворимостью в твердом алюминии. С понижением температуры растворимость меди понижается с 5,7 до 0,5%, а магния с 17,4 до 2,95%, что создает возможность применения термической обработки сплавов.

Деформируемые алюминиевые сплавы

Имеется много деформируемых сплавов алюминия:

– не упрочняемые термической обработкой сплавы марок АМц, Амг 2, Амг 4 и др.

– упрочняемые термической обработкой дуралюмины Д16, Д18 и др.,

сплавы для ковки и штамповки АК 6, АК 8 и др., жаропрочные сплавы.

Типичным дуралюмином является сплав Д1, содержащий Cu (3,8 – 4,8%), Mg (0,4-0,8%), Mn (0,4-0,8%). Хорошо зарекомендовал себя на практике более прочный дуралюмин марки Д16. У него более высокое содержание магния (1,8 – 2,8%). Дуралюмины упрочняются закалкой в воде с последующим естественным или искусственным старением. После закалки образуется перенасыщенный однородный твердый раствор (α). Твердость после закалки увеличивается мало.

Значительное упрочнение при старении достигается в результате образования в (α)-твердом растворе зон ГП сложного состава (можно сказать, что образуется неоднородный твердый раствор (α)), или метастабильных фаз, сохраняющих когерентную связь с (α)-твердым раствором θ^1 ($CuAl_2$) и S^1 ($CuMgAl_2$), которые при микроскопическом

исследовании не наблюдаются. В равновесном (отожженном) состоянии наблюдаются зерна (α)-твердого раствора и выделения θ-фазы ($CuAl_2$) и S-фазы ($CuMgAl_2$).

Литейные алюминиевые сплавы

Литейные алюминиевые сплавы имеют в своей структуре эвтектику, т.к. в них содержание второго компонента больше предельной растворимости в алюминии. Промышленное применение получили сплавы Al – Si, Al – Cu, Al – Mg, которые легируют небольшим количеством других элементов. Отливки из многих алюминиевых сплавов подвергают термической обработке.

Наибольшее применение получили силумины – сплавы алюминия с кремнием. Силумин АЛ2 содержит 10-13% Si и состоит в основном из эвтектики. Кремний в эвтектике находится в виде грубых кристаллов игольчатой формы, которые играют роль внутренних надрезов в пластичном (α)-твердом растворе.

Чтобы повысить механические свойства отливок, производят модифицирование сплава путем присадки к расплаву смеси солей 67% NaF и 33% NaC1. В присутствии натрия происходит смещение эвтектической точки и сплав АЛ2 становится доэвтектическим, а кристаллы кремния размельчаются. В этом случае структура сплава состоит из эвтектики тонкого строения и избыточных кристаллов (α)-твердого раствора. Кристаллы кремния становятся мелкими потому, что они обволакиваются пленкой Na2Si, которая затрудняет их рост.

Доэвтектические силумины АЛ4 (8 – 10% Si) и АЛ9 (6 – 8% Si), дополнительно легированные магнием (0,2 – 0,4%), могут упрочняться, кроме модифицирования, термической обработкой. Упрочняющей фазой служит Mg2Si. Эти сплавы применяют для средних и крупных литых деталей ответственного назначения, например, корпусов компрессоров.

2. Медные сплавы

Различают две основные группы медных сплавов:

а) латуни – сплавы меди с цинком;

б) бронзы – сплавы меди с другими элементами.

Как латуни, так и бронзы бывают двух-, трех- и многокомпонентные, деформируемые и литейные.

2.1. Латуни

Практическое применение нашли латуни, содержащие до 45% цинка. Все двухкомпонентные (Cu – Zn) латуни обладают высокой

пластичностью в холодном или горячем состоянии. Поэтому они относятся к деформируемым сплавам (Л96, Л80, Л59 и др.). Легирование латуни другими элементами (Al, Mn, Fe, Pb, Sn, Ni) улучшает свойства основного сплава. Такие латуни называют специальными. Специальные латуни делятся на литейные (ЛЦ 40 Мц 1,5; ЛЦ 30 А3 и др.) и деформируемые (ЛАЖ 60 – 1 – 1, ЛЖМц 59 – 1 – 1 и др.). В марках деформируемой латуни не указывают содержание цинка, а в литейной латуни не указывают содержание меди.

Однофазные (α)-латуни (до 39% Zn) более пластичны, а двухфазные (а+β') -латуни более прочные. Фаза (β) представляет собой неупорядоченный твердый раствор на базе электронного химического соединения CuZn с решеткой ОЦК. При температурах ниже 454 °С пластичная (β)-фаза охрупчивается, т.к. становится упорядоченным β' твердым раствором. При этом пластичность латуни падает, хотя прочность продолжает расти до 45% Zn, растет и износостойкость.

2.2. Бронзы

В зависимости от основного легирующего элемента бронзы разделяются на оловянные и безоловянные (алюминиевые, кремнистые, бериллиевые и др.).

Оловянные бронзы после деформации и отжига имеют однофазную структуру (α) -твердого раствора с высокой прочностью и пластичностью только до 5% олова, но пластичность (α) -бронзы ниже, чем пластичность (α)-латуни.

Если олова в сплаве больше 5%, из-за ликвации в отдельных местах объема оказывается повышенное содержание олова и появляется хрупкая (δ)-фаза (Cu_{31} Sn_8). Поэтому бронзы, имеющие олова больше 5%, используются как литейные. В отливках структура бронзы состоит из (α)-твердого раствора и эвтектоида (α+Cu_{31} Sn_8) даже при 4 – 5% олова.

В марках бронз содержание меди не указывается. Например, деформируемые бронзы – Бр ОЦ 4 – 3, Бр ОЦС 4 – 4 – 2,5, литейные бронзы Бр 03 Ц12 С5, Бр О5 Ц6 С5, Бр 04 Ц4 С17.

Алюминиевые бронзы являются эффективными заменителями дорогих оловянных бронз. Бронзы, содержащие меньше 10% А1, отличаются высокой пластичностью, имея однофазную структуру (α)-твердого раствора. Двухфазные алюминиевые бронзы (от 10 до 15 % А1) содержат, кроме (α)-твердого раствора, участки эвтектоида (α+γ^1). Эвтектоидное превращение β → а+γ' протекает при температуре 565 °С. Фаза β представляет собой твердый раствор на базе электронного соединения Cu_3Al. Фаза β^1 – упорядоченное электронное соединение Cu_9 Al_4.

Примеры алюминиевых бронз: БрА5, БрАЖ 9 – 4, БрА10Ж3Мц2. Первые две – деформируемые, третья – литейная бронза.

3. Баббиты

Для изготовления подшипников скольжения применяют бронзы, чугуны, пластмассы, сплавы алюминия, баббиты. Баббитами называют подшипниковые сплавы на основе олова или свинца, наносимые в расплавленном состоянии на поверхность малоуглеродистой стали или бронзы слоем около 3 мм. Их твердость 20 – 30 НВ.

Баббиты представляют собой систему из относительно мягкой пластичной основы, легко прирабатывающейся к вращающемуся валу, в которой равномерно распределены мелкие твердые частицы, образующие многочисленные точки опоры. Наличие просветов между выступающими твердыми частицами улучшает условия смазки.

Оловянные баббиты наиболее дорогие, но имеют более высокие свойства. Типичным является баббит марки Б83, состоящий в среднем из 83% олова, 11% сурьмы, 6% меди. Основная часть структуры этого баббита состоит из мягкого и пластичного (α)-твердого раствора Sb и Cu в олове (темное поле). В этой основе видны более твердые кристаллы кубической формы – это твердый раствор на базе химического соединения SnSb. Кроме того, видны вытянутые светлые полоски и звездочки химического соединения Cu_3Sn. Затвердевая первыми, эти кристаллы образуют разветвленные дендриты, удерживающие от всплывания более легкие частицы SnSb, т.е. препятствуют ликвации сплава по удельному весу.

Свинцовые баббиты применяют для замены оловянных баббитов с целью экономии олова. Так, в баббите Б16 содержится по 16-17% олова и сурьмы, 1,5 – 2% меди, остальное – свинец. Структура сплава сходна со структурой баббита Б83 с той лишь разницей, что мягкая основа представляет собой эвтектику из кристаллов Pb и твердого раствора сурьмы в олове. В других свинцовых баббитах – Б6, БН содержание олова снижается до 6 – 10%.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

Ответы на вопросы даются письменно в порядке самоподготовки и заносятся в отчет о лабораторной работе в качестве введения до проведения лабораторных занятий.

1. Какой химический состав имеют дуралюмины марок Д1 и Д16?
2. Чем отличаются по структуре литейные сплавы алюминия от деформируемых?
3. Для чего производят модифицирование силумина АЛ2?
4. В чем состоит принципиальное отличие классических определений латуни и бронз?
5. Как маркируются двухкомпонентные латуни?
6. Какое отличие в маркировке деформируемых и литейных специ-

альных латуней?

7. Какое отличие в маркировке деформируемых и литейных бронз?
8. Какие сплавы называют баббитами?
9. На чем основана антифрикционность баббитов?
10. Для чего в состав баббитов вводят медь?

МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Готовые комплекты микрошлифов цветных сплавов. Металломикроскопы. Альбом фотографий микроструктур.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Рассмотреть в микроскоп готовые микрошлифы сплавов, сравнить с фотографиями микроструктур.
2. Установить вид каждого сплава, в том числе состояние – деформированный или литой.
3. Зарисовать микроструктуры всех образцов, отметив структурные составляющие. Написать марку каждого сплава.

ВЫВОДЫ

Сформулировать одно, два обобщающих заключения о научном и практическом результатах исследования структур сплавов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лахтин Ю.М. Материаловедение. / Ю.М. Лахтин Ю.М., В.П. Леонтьева. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. 528 с.
2. Гуляев А.П. Металловедение. / А.П. Гуляев М.: Металлургия, 1986. 544 с.
3. Конструкционные материалы: справочник / Б.Н. Арзамасов, В.А. Брострем, Н.А. Буше и др.; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1990. 688 с.

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ
ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по курсу «Материаловедение»
для студентов механических специальностей

Составили: ЗЕМЧЕНКОВ Владимир Степанович
МАХУКОВ Николай Георгиевич

Рецензент А. М. Долгих

Редактор Н.Н. Крылова

Подписано в печать 10.09.02 Формат 60x84 1/16
Бум. тип Усл. - печ. л. 0,46(0,5) Уч.-изд. л. 0,4
Тираж 100 экз. Заказ 112 Бесплатно

Саратовский государственный технический университет
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77
Копи принтер СГТУ, 410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77