

## **МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗРУШЕНИЙ СВИНЦОВИСТОЙ БРОНЗЫ, ЛЕГИРОВАННОЙ НИКЕЛЕМ**

Клочков Н.С.

Научный руководитель: Егоров Ю.П., к.т.н., доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [nikart2012@gmail.com](mailto:nikart2012@gmail.com)

## **METALLOGRAPHIC ANALYSIS OF THE DESTRUCTION LEAD BRONZE, ALLOYED WITH NICKEL**

Klochkov N.S.

Scientific Supervisor: PhD in technical science, docent Egorov Yu.P.

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [nikart2012@gmail.com](mailto:nikart2012@gmail.com)

### **Введение**

Одним из прямых и точных методов исследования строения и свойств изучаемого материала является металлографический анализ. С помощью металлографического анализа устанавливается: характер структуры, величина зерна, наличие структурных составляющих, которые могут повлиять на свойства металла, наличие повреждений, определяются зоны зарождения трещин и их характер. Металлографический анализ включает в себя макроскопический и микроскопический анализы [1].

Макроскопический анализ заключается в определении строения металла путем просмотра его излома или специально подготовленной поверхности и проводится невооруженным глазом или при увеличении до 50 крат. Микроскопический анализ проводится при помощи металлографического микроскопа с увеличением до 2000 раз и позволяет определить качественные и количественные характеристики микроструктуры [2].

### **Цель работы**

В настоящей работе, используя металлографический анализ, исследовали разрушение образцов свинцовой бронзы, легированной никелем с целью определения источника и характера зарождения трещин и связи их со структурой.

### **Методика эксперимента**

Образцы для исследований готовили плавкой из чистых шихтовых материалов. Плавку вели на высокочастотной терристорной установке в тигле из силицированного графита. Заливку сплава проводили во вращающиеся металлические формы, применяя центробежный способ литья с горизонтальной осью вращения на установке, разработанной сотрудниками кафедры МТМ ИФВТ. Температура разлива сплава в форму для литья составляла 130-150°C выше температуры плавления сплава. Температуру контролировали оптическим пирометром THERMOPPOINT 90 фирмы AGEMA. Испытание на растяжение круглых образцов диаметром 6 мм проводилось в соответствии с ГОСТ 1497-84 на испытательной машине МИРИ-100К с компьютерным управлением. Для испытания было подготовлено по 3 образца для каждого состава 5-ти % свинцовой бронзы с разным количеством никеля (см. Таблицу 1).

Макроанализ образцов проводился при помощи микроскопа МБС – 10. Анализ микроструктуры

выполняли с помощью исследовательского оптического микроскопа AxioObserver A1.m фирмы Carl Zeiss (Германия) и программного продукта AxioVision v.4. Для исследования микроструктуры готовились металлографические шлифы с помощью шлифовальных шкур с различным размером зерна абразива. Окончательную полировку проводили на сукне с применением водного раствора окиси хрома. Структуру сплавов выявляли травлением концентрированной соляной кислотой.

### Результаты исследования

На рис. 1 с различным увеличением представлена макроструктура образцов после испытания на растяжение.

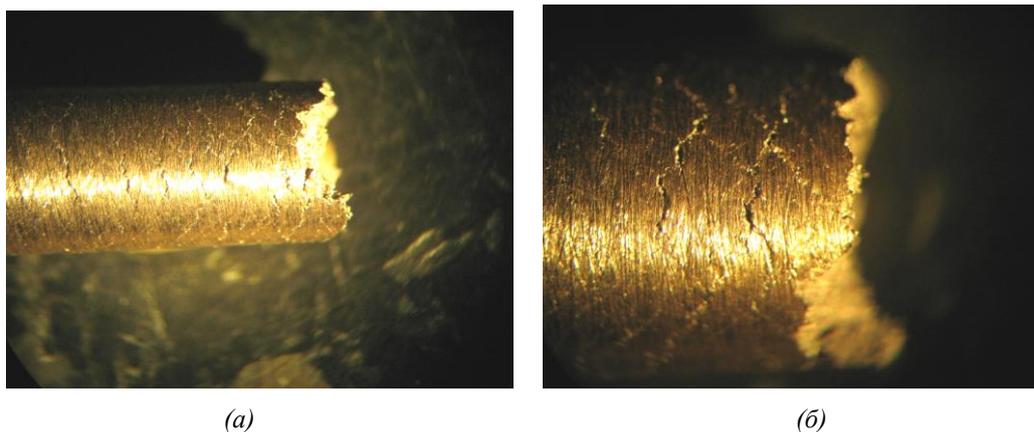


Рис. 1 Образец после испытания на растяжение свинцовистой бронзы, легированной 5% Ni, а) макроструктура при увеличении в 5 раз; б) макроструктура при увеличении в 10 раз

Макроанализом установлено, что по поверхности ясно просматриваются трещины в местах локализации деформации, которые образовались при растяжении. Граница разрыва образца проходит по трещинам. С увеличением содержания Ni до 5% распределение трещин наблюдается по всей поверхности образца. У образцов с меньшим содержанием Ni и без содержания Ni места локализации дефектов и зарождения трещин расположены не на всей поверхности образца, а только у мест разрушения. Разрушение образцов хрупкое.

Для выявления мест локализации дефектов в структуре сплавов был проведен микроанализ. Микроструктура исследуемых образцов представлена на рис. 2 (а, б). Структура свинцовистой бронзы представляет собой в основе дендриты твердого раствора Ni в меди, между которыми расположены включения свинца.

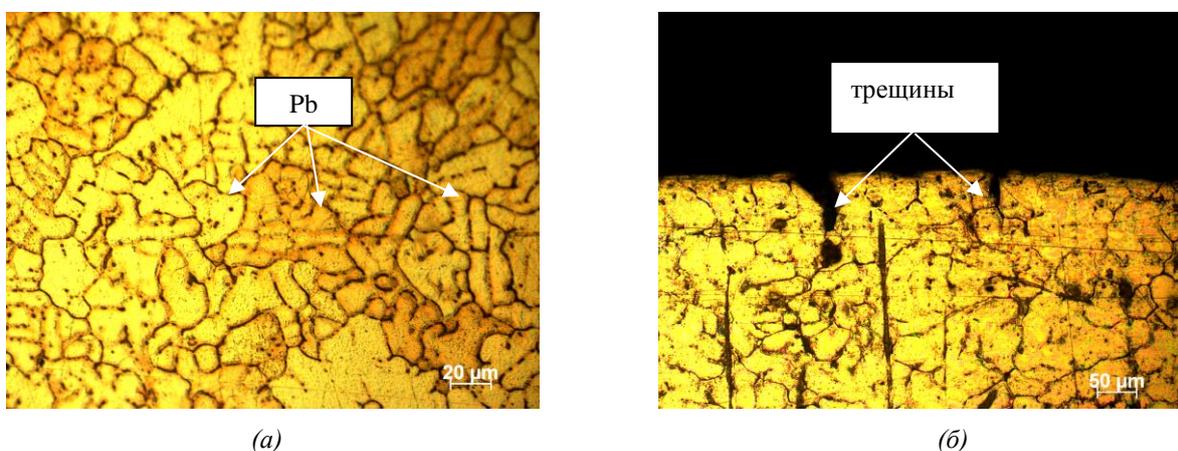


Рис. 2 Микроструктура образцов свинцовистой бронзы с содержанием Ni 5%,

На рис. 2б приведена структура образца с 5% Ni в продольном сечении образца на растяжение. Как видно на снимке микроструктуры образца (рис.2, б), начало зарождения трещин располагается вдоль границ зерен (по свинцовым включениям). Видно, что трещины располагаются на поверхности образца. Разрушение начинается с мест расположения мягких и малопрочных свинцовых включений между границами зерен.

Таблица 1

Результаты испытания на растяжение

Кол-во Ni в образцах, %	Предел пропорциональности, МПа	Предел упругости, МПа	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление, МПа	Модуль упругости, МПа	Относительное равномерное удлинение, %	Относительное удлинение после разрыва, %
0	71,16	74,4	86,93	144,33	11142,5	7,76	9,25
1	68,76	73,1	80,5	129,13	8865,8	5,31	5,72
2	76,43	81,26	94,66	152,2	12018,4	5,66	6,25
3	94,56	97,53	112,9	162,06	13685,4	3,92	4,58
5	87,6	91,63	104,3	150,9	12378,6	4,88	5,62

В таблице 1 приведены результаты испытаний на растяжение. Из таблицы следует, что чем больше содержание Ni, тем больше прочностные характеристики и меньше относительное удлинение.

Данная закономерность объясняется твердорастворным упрочнением сплава. В результате добавки никеля образуется твердый раствор никеля в меди, который является причиной упрочнения медной основы. В результате повышается прочность сплава, но уменьшается пластичность [4].

В результате исследования можно сделать следующие выводы: свинцовые включения в составе бронзы располагаются между зёрнами меди и являются причинами возникновения дефектов. Включения свинца являются концентраторами зарождения трещин. Легирование Ni способствует увеличению прочности, уменьшению пластических характеристик свинцовистой бронзы за счет образования твердого раствора Cu-Ni.

В результате проведенной работы можно сделать заключение об эффективности металлографического анализа для определения взаимосвязи структуры и свойств изучаемого материала.

Список литературы

1. Егоров Ю.П. Методы исследования металлов. Металлографический анализ/ Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Материаловедение» для студентов машиностроительных специальностей. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 14с.
2. Металловедение и термическая обработка стали: Справ. изд. – 3-е изд./ Под ред. Бернштейна М.Л., Рахштадта А.Г., Металлургия, 1983. 352 с.
3. Славин Д.О. «Металлы и сплавы в химическом машиностроении и аппаратостроении»
4. Арзамасов Б.Н., Сидорин И.И., Косолапов Г.Ф., Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. – М.: Машиностроение, 1986. – 384 с.