



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой ММС

\_\_\_\_\_ В.Е.Панин

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012г.

## ***Микроскопический метод исследования металлов и сплавов***

Методические указания к лабораторной работе №1 по дисциплине  
«Материаловедение и технология материалов»  
для студентов направления 150100 «Материаловедение и технологии  
материалов»

Томск-2012г.

УДК 629

Лабораторный практикум: Метод, указ. по выполнению лаб. работы по курсу "Общее материаловедение и технология материалов" для студентов направления 150100 «Материаловедение и технологии материалов» - Томск: Изд. ТПУ, 2012. - 10 с.

Составитель к.т.н., доцент О.Ю.Ваулина

Рецензент к.ф-м.наук Б.С. Зенин

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры ММС "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2012г.

Зав. кафедрой

академик РАН \_\_\_\_\_ В. Е. Панин

## I. Цель работы

**Цель работы** – ознакомиться с методикой и технологией визуального макро- и микроанализа, изучить принцип работы и устройство микроскопа, получить навыки работы на металлографическом микроскопе и ознакомиться со структурой различных материалов.

**Приборы и материалы:** стальные образцы, шлифовальный станок, абразивные шкурки с разной зернистостью, паста Гои, микроскоп ЛабоМет–И, атлас структур.

## II. Основные положения

Механические и многие другие свойства конструкционных материалов (КМ) зависят от их химического состава, строения и структуры. Изучая эти базовые факторы, получают представления о свойствах конкретного материала.

Элементы или химические соединения, образующие сплав, называют компонентами. Компонентами металлических сплавов могут быть не только металлы, но и неметаллы. В зависимости от физико-химического взаимодействия компонентов в сплавах образуются фазы, число и тип которых характеризуют состояние сплава.

Фазой называют однородную часть сплава, характеризующуюся определенным составом, свойствами, типом кристаллической решетки и отделенную от других частей сплава поверхностью раздела. Под структурой понимают форму, размеры и характер взаимного расположения фаз в сплаве. Фазовый состав и структура, определяющие свойства сплава, зависят от состава и технологии его обработки.

Существуют понятия макроструктуры, микроструктуры и субмикроструктуры материалов.

**Макроструктура** любого металла – это структура, видимая невооруженным глазом или при помощи увеличительного стекла. Макроструктуру изучают по излому, разрезу слитка и с помощью макрошлифов. Изломом называется поверхность, образующаяся при разрушении КМ. Макрошлифы, как и микрошлифы – это специально подготовленные образцы исследуемого материала. Исследование макроструктуры называется *макроанализом*.

**Макроанализ.** Изучение излома. По характеру изломы бывают трех типов: вязкий, хрупкий и усталостный. Усталостный излом имеет две зоны:

блестящую свежую поверхность одномоментного хрупкого долома и старую затертую поверхность, образовавшуюся при зарождении и развитии трещины.

**Микроструктура** – это структура, видимая с помощью оптического микроскопа, позволяющего различать отдельные фрагменты с размерами не менее 0,2 мкм. Невооруженным глазом можно различить размеры не менее 0,2 мм. Таким образом, с помощью микроскопа можно добиться увеличения изображения в 2000 раз. Исследование микроструктуры называется *микроанализом*.

**Микроанализ** позволяет определить величину и форму мелких зерен, качество термической обработки, а также выявить мельчайшие дефекты в металле (волосяные трещины, неметаллические включения). Для микроанализа применяется микрошлиф металла и микроскоп.

### Технология изготовления шлифа

Шлифом называют специальным образом приготовленную для исследования одну из плоскостей образца исследуемого материала. Наиболее удобной формой образцов для работы и получения качественного шлифа является цилиндр диаметром и высотой около 10-15 мм или кубик (параллелепипед) с линейными размерами 10×(12-15)×(10-15) мм (рис.1).

При изготовлении микрошлифов из образцов малых размеров (проволока, листы и. д.) для надежного крепления используют специальные струбцины (рис. 2а), либо помещают образцы в металлические обоймы и заливают легкоплавким сплавом или эпоксидной смолой (рис. 2б).

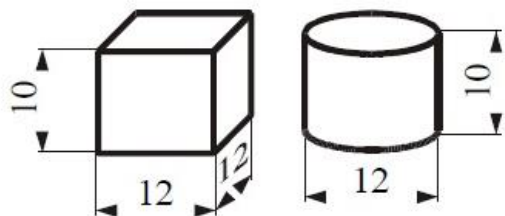


Рис.1. Нормальные размеры металлографических шлифов

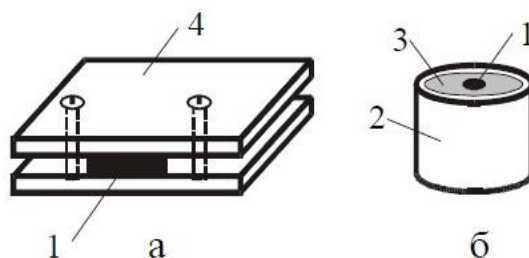


Рис.2. Приспособления для приготовления микрошлифов:  
а – шлиф зажатый в струбцине  
б – шлиф, залитый эпоксидной смолой

Процесс изготовления шлифов включает вырезку образцов из материала, подлежащего исследованию, заторцовку, предварительное (подготовительное) шлифование поверхности, предназначенной для исследования, и последующее полирование.

**Вырезка образцов.** Образец для приготовления шлифа следует вырезать без нагрева (лучше механическим способом) в таком месте заготовки или изделия, которое характеризовало бы металл. Сторону образца, предназначенную для изготовления шлифа, после вырезки образца опиливают напильником или заторцовывают на заточных станках для создания ровной поверхности.

**Шлифование поверхности образца при изготовлении шлифа.** Плоскость образца шлифуют вручную или на специальных станках. Для получения поверхности шлифа абразивное шлифовальное полотно (бумагу) следует положить на толстое шлифованное стекло. Шлифование производят возвратными прямолинейными движениями обрабатываемой поверхностью по абразивному полотну: перемещают образец от себя со слабым нагружением (рабочий ход) и к себе без нагружения, не отрывая обрабатываемую поверхность от абразивной бумаги (холостой ход).

Не рекомендуется нагружать образец при холостом ходе – получится двусторонняя скошенная поверхность («завал» – «крыша»), что не позволит получить резкое изображение структуры при исследовании шлифа в микроскопе. Шлифование начинают на грубых абразивных шкурках (с крупнозернистым абразивным зерном от 250 до 100 мкм) до полного удаления неровностей, наследованных от вырезки. Далее переходят к более мелкозернистым абразивным бумагам для уменьшения шероховатости поверхности и заканчивают шлифование на микронных бумагах.

При переходе с одного номера абразивной бумаги к другому необходимо каждый раз образец механически очищать от абразива и поворачивать на 90 градусов к направлению перемещения его на предыдущей бумаге (рис. 3). Заканчивать шлифование на используемой бумаге следует после полного удаления рисок (царапин), созданных на предыдущей бумаге. Не следует вращать образец в руках – получается трех- или четырехсторонняя скошенная поверхность. Не следует при шлифовании образца сразу переходить с грубозернистой бумаги на мелкозернистую, так как это создает ложное представление, что шлиф хорошо приготовлен. Этот недостаток обнаружится либо после полирования шлифа, либо после травления и рассмотрения его на микроскопе.

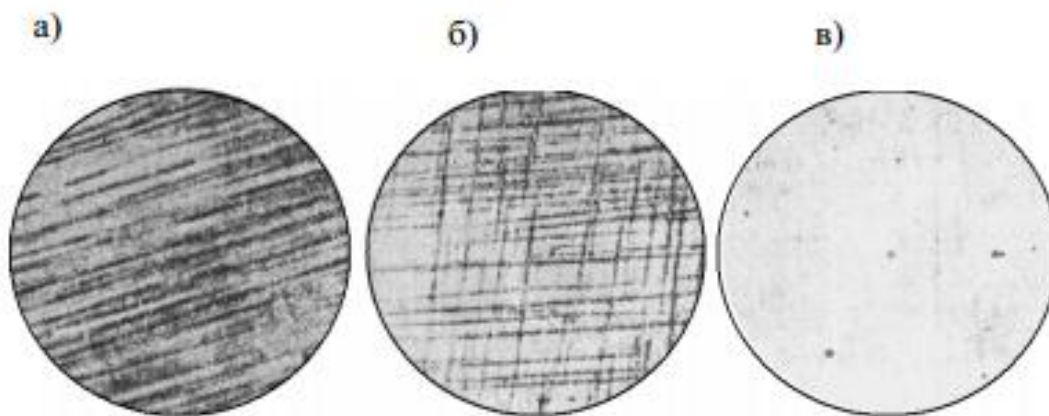


Рис. 3. Различная степень готовности микрошлифа:  
а – подготовлен к более тонкой шлифовке; б – требуется продолжение шлифовки на данном абразиве; в – состояние поверхности микрошлифа после полировки

**Полирование** – процесс достаточно длительный. Целью полирования является получение зеркальной поверхности, не имеющей рисок. Применяют механический, химико-механический и электрохимический способ полировки. Механическое полирование проводят на станках, снабженных вращающимся кругом, на который натянут полировальный материал (фетр, сукно и др.) на который наносят мелкие частицы абразивных материалов - оксид алюминия, железа, хрома в виде водной суспензии или водная извесь окиси паста Гои в виде мелкозернистого порошка.

Часто для полирования используют алмазные пасты, содержащие алмазные микропорошки марки АСМ или АМ., которые наносят на лист бумаги, закрепленный на вращающемся круге полировального станка.

При полировании необходимо соблюдать следующие правила: располагают шлиф на полировальном круге дальше от центра (так удобнее удерживать шлиф и короче процесс полировки); входят в контакт с мягким сукном полировального круга поверхностью шлифа без перекосов и чрезмерного нажатия (в противном случае шлиф может вырваться из пальцев); постоянно смачивают полировальный круг, так как его высыхание может вызвать «пригорание» полируемой поверхности и деформирование структуры.

Механический шлифовка и полировка сопровождаются пластической деформацией поверхностных слоев. Глубина деформированного слоя зависит от твердости обрабатываемого материала, режимов шлифования и достигает порядка 25 мкм.

В случае химико-механического полирования используют полировочные абразивные частицы совместно с химическими веществами, способствующими ускорению полирования.

Устранить деформированный слой с поверхности микрошлифа можно электролитической полировкой, путем анодного растворения выступов микрорельефа металла в электролите.

Электрохимическое полирование проводят в ваннах, наполненных электролитом, причем образец является анодом. Шлифованную поверхность образца устанавливают против катода. Под действием тока выступы шлифованной поверхности растворяются, а впадины сглаживаются и в итоге поверхность образца становится зеркальной. Главным достоинством электролитического полирования является высокая скорость получения зеркальной поверхности при отсутствии каких-либо искажений структуры в поверхностном слое.

Полирование считается законченным, когда поверхность шлифа при внешнем осмотре невооруженным глазом приобретает зеркальный блеск, а при рассмотрении под микроскопом на поверхности шлифа не будет обнаружено царапин. При рассмотрении в микроскопе на общем светлом поле могут наблюдаться отдельные темные или серые неметаллические включения (оксиды, сульфиды, силикаты и др.), попадающие в металл при его производстве.

**Выявление микроструктуры.** После полирования любым методом микрошлиф промывают водой, затем спиртом и просушивают фильтровальной бумагой. Поверхность шлифа должна быть зеркально блестящей без заметных для невооруженного глаза царапин. Для выявления микроструктуры шлиф погружают в реактив (табл.) (или наносят реактив локально ваткой) и выдерживают определенное время до появления признаков протравки, затем его промывают в воде и сушат промоканием фильтровальной бумагой.

### **Микроскопы.**

В лаборатории кафедры «Материаловедение в машиностроении» имеются микроскопы ЛабоМет-И. Микроскоп серии ЛабоМет-И (рис. 4) является компактным и удобным для использования в учебных целях. Для настройки микроскопа и получения изображения микроструктуры изучаемого материала необходимо микрошлиф (6) установить на предметный столик (5) микроскопа подготовленной поверхностью вниз – на световой поток. Наблюдая в окуляр (4), надо вращать винт (10) (на себя – от себя) до момента появления в поле зрения окуляра очертаний микроструктуры, затем, вращая винт (11), добиться резкости ее изображения. При необходимости выбора для исследования наиболее характерного места структуры винтами рукоятки (9)

перемещать(5) предметный столик поочередно во взаимно-перпендикулярных направлениях.

В научно-исследовательских и производственных металлографических лабораториях широко используется микроскоп модели МИМ-7, имеющий большие возможности при изучении микроструктуры и фотографировании ее изображения (рис. 5).

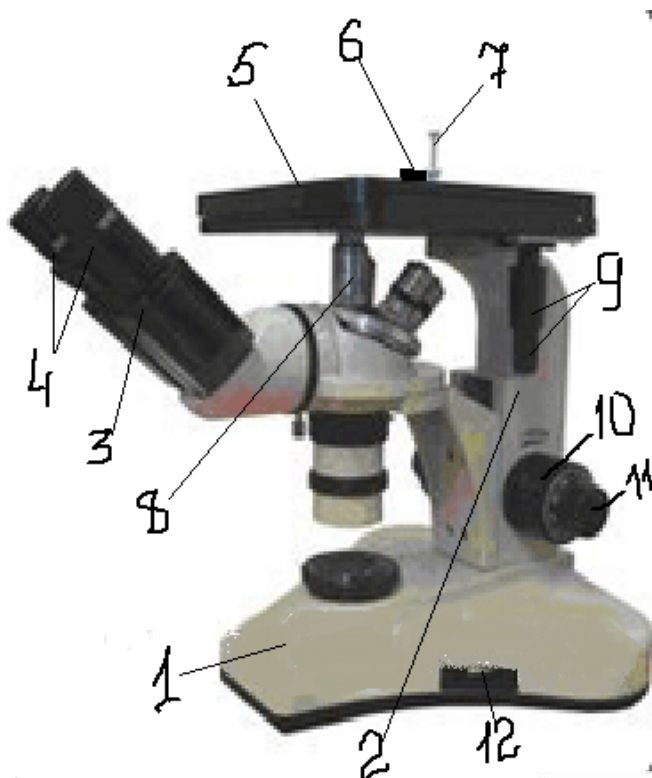
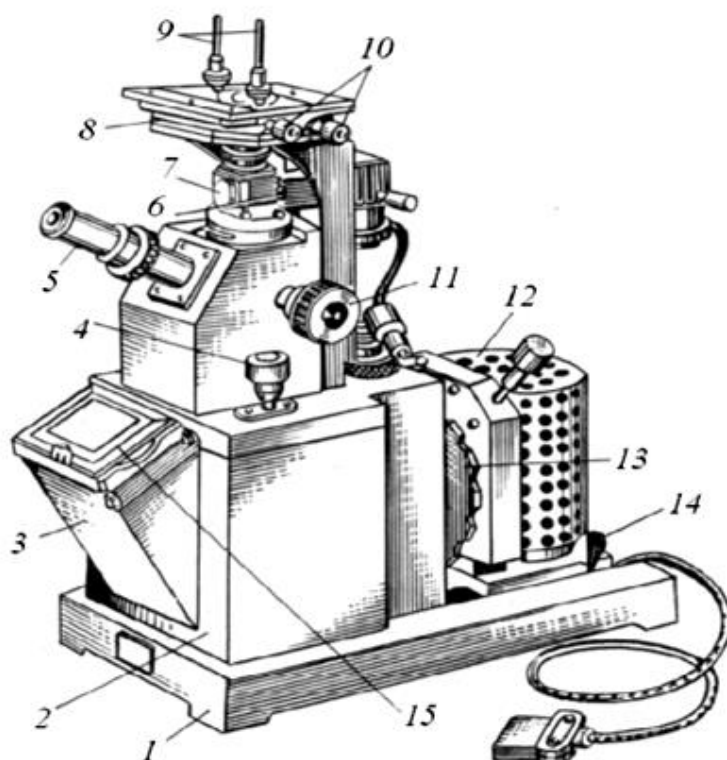


Рис. 4. Общий вид металлографического микроскопа ЛабоМет-И 1 – основание; 2 – корпус (унифицированный штатив); 3 – бинокулярная насадка; 4 – окуляры; 5 – предметный столик; 6– исследуемый образец (микрошлиф); 7 – клеммы (прижимы); 8 – объектив; 9 – рукоятка перемещения столика; 11, 10 – ручка регулировки; 12 – регулятор освещенности

Рис. 5. Общий вид микроскопа МИМ-7: 1 – основание; 2 – корпус; 3 – фотокамера; 4 – микрометрический винт; 5 – визуальный тубус с окуляром; 6 – рукоятка иллюминатора; 7 – иллюминатор; 8 – предметный столик; 9 – клеммы; 10 – винты перемещения столика; 11 – макрометрический винт; 12 – осветитель; 13 – рукоятка светофильтра; 14 – стопорное устройство осветителя; 15 – рамка с матовым стеклом





### **III. Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с методическими указаниями к выполнению лабораторной работы.
2. Приготовить шлиф образца на шлифовальном станке. Методом полировки получить зеркальную поверхность для дальнейшего исследования.
3. Настроить микроскоп, пользуясь механической системой, получив при этом четкое изображение микроструктуры.
4. Для изучения микроструктур рассмотреть, зарисовать и описать микроструктуру микрошлифа (дефекты, включения).
5. Подготовить отчет и написать выводы по лабораторной работе.
6. Защита лабораторной работы. Защита работы проводится в форме собеседования с преподавателем. Перед защитой необходимо проработать с теоретическим материалом и знать ответы на контрольные вопросы.

#### **Задание**

1. Ознакомиться с устройством металлографического микроскопа и освоить простейшие приемы работы.
2. Познакомиться с технологией изготовления шлифов.
3. Приготовить микрошлиф образца, зарисовать и описать полученную поверхность.

#### **Требования к отчету:**

Отчет о работе должен содержать:

- цель работы;
- краткий конспект теоретической части, формулировки терминов: химический состав; строение; структура; макроструктура и макроанализ; микроструктура и микроанализ; излом; шлиф; микрошлиф; травление; зерно; дефекты структуры; фаза и фазовый состав; сплошность;
- порядок изготовления микрошлифа;
- рисунок своего микрошлифа, его описание;
- выводы или заключение по работе.

К защите лабораторной работы допускаются студенты, предъявившие полностью оформленный отчет, содержащий выводы по работе.

### **Контрольные вопросы:**

1. Почему важно изучение микроструктуры металлов?
2. Чем отличается изображение шлифа, наблюдаемого невооруженным глазом и с помощью микроскопа?
3. Назовите последовательность операций при изготовлении микрошлифа.
4. Почему при шлифовании и полировании образца не рекомендуется применять большие усилия нагружения?
5. Перечислить три фактора, определяющие любые свойства любого КМ (при заданной температуре).
6. Что такое химический состав КМ (дать определение).
7. Пояснить принцип работы микроскопа, сравнить с микроскопом «ЛабoМет-И».
8. В каких условиях должны храниться микрошлифы?
9. Раскрыть понятия «строение» и «структура». Что изучают, рассматривая микрошлиф под микроскопом?
10. Что дает исследование макрошлифа?