

В.А. Трусков, А.Г. Ларченко

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В ОБЛАСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Аннотация. В данной научной статье отмечена востребованность специалистов, занятых в сфере производства и ремонта подвижного состава, которые должны обладать необходимыми знаниями в области металлографии. Описана проблема преподавания металлографии в ВУЗах, в связи с постоянным сокращением аудиторных часов, появлением новых форматов обучения, полноценно исследован вопрос подготовки специалистов железнодорожного профиля. Предоставлено решение вышеизложенных проблем – разъяснение и более наглядная подача материала. Перечислен перечень лабораторных работ, целью которых является вовлечение студентов в учебный процесс, изучение основных методов измерения механических свойств и определение микроструктуры сталей и чугунов. Приводится описание и обзор оборудования для реализации рабочих программ в соответствии с учебным планом. Описывается технология изготовления микрошлифов. В качестве примера в работе представлены микроструктуры черных металлов.

Ключевые слова: металлография, микрошлиф, микроструктура, микроскопический анализ, сталь, чугун, цветные металлы, сплавы, термообработка.

V.A. Truskov, A.G. Larchenko

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

DEVELOPMENT OF A COMPLEX OF LABORATORY WORKS IN THE FIELD OF PRODUCT QUALITY CONTROL AND MATERIALS SCIENCE

Annotation. This scientific article noted the demand for specialists involved in the production and repair of rolling stock, who must have the necessary knowledge in the field of metallography. The problem of teaching metallography in universities is described, due to the constant reduction in classroom hours, the emergence of new training formats, the issue of training railway specialists is fully investigated. A solution to the above problems is provided - an explanation and a more visual presentation of the material. A list of laboratory works has been formed, the purpose of which is to involve students in the educational process, the study of the main methods for measuring mechanical properties and determining the microstructure of steels and cast irons. A description and review of equipment for the implementation of work programs in accordance with the curriculum is given. The technology of manufacturing microsections is described. As an example, the paper presents the microstructures of ferrous metals.

Keywords: metallography, microsection, microstructure, microscopic analysis, steel, cast iron, non-ferrous metals, alloys, heat treatment.

Введение

Современный подвижной состав, отличается высоким технологическим уровнем, долговечностью и надежностью. Производство и ремонт единиц подвижного состава является интенсивно развивающейся отраслью, в производственных процессах которой широко применяются современные технологические разработки и материалы. В ремонте вагонов постоянно совершенствуются технологии восстановления узлов, методы повышения износостойкости деталей и улучшения качества выпускаемых изделий [1].

Согласно современным тенденциям специалисты, занятые в сфере ремонта и производства подвижного состава, должны иметь представление о свойствах металлов, методах их получения и улучшения, а также знать технологические процессы производства и изготовления конструкций, иметь понятие о возможных дефектах и владеть навыками измерения механических свойств. Среди широкой номенклатуры способов получения заготовок для деталей подвижного состава литье занимает значительное место. Например, детали автосцепки, боковые рамы тележек грузовых вагонов изготавливаются по

технологиям литейного производства. При изготовлении деталей пластическим деформированием в горячем состоянии наиболее часто применяют объемную горячую штамповку, реже свободную ковку, широко используются обработка резанием и сварка.

После изготовления и ремонта детали и узлы должны обладать определенными механическими свойствами, которые определяют дальнейшие эксплуатационные характеристики. При подготовке специалистов железнодорожного транспорта определение механических свойств является одним из основных этапов в освоении профессиональных компетенций [2]. Важное значение при обучении имеет и раздел материаловедения – металлография, самый востребованный и распространенный в современной промышленности метод совершенствования существующих металлов и сплавов. Данный раздел позволяет изучить особенности строения металлов, их структуру, выявить дефекты, а также определить свойства. Знания в области металлографии позволят сотруднику железнодорожного предприятия не только выбирать материалы, которые в дальнейшем могут использоваться как базовые составляющие для конструкций деталей и механизмов, но и определять дефекты в материале, а также проводить необходимые работы по их устранению, что в свою очередь гарантирует предприятию качественную продукцию, с необходимыми эксплуатационными свойствами и позволяет предупредить наличие выходов из строя, аварийных ситуаций в промышленном производстве и в особенности на железной дороге.

Постановка цели. Основные разработки

Изучение механических свойств, лабораторные работы по макро, и микроанализу проводятся в железнодорожных ВУЗах продолжительное время, есть и научные и методические разработки в данном направлении, но образовательные стандарты по материаловедению недостаточно охватывают прогресс в этой науке. Количество аудиторных часов постоянно сокращается, добавляется режим обучения в формате онлайн, но при всем этом обязательна практическая подготовка студентов не менее 4 часов. Это приводит к большим трудностям преподавания с учетом современных требований к подготовке специалистов, о которых говорилось выше в данной работе.

С целью формирования профессиональных компетенций и активного включения студентов в учебный процесс необходимо комбинировать инструменты, формы и методы обучения [3]. Лабораторные занятия должны проводиться под руководством преподавателя с имитацией профессиональной деятельности. Должна быть организована работа в малых группах с решением производственных задач. Важное значение имеет самостоятельная деятельность студентов с технической литературой.

С учетом вышеизложенного, была поставлена цель работы: на основании рабочих программ подготовки специалистов сформировать комплекс лабораторных работ с использованием современного оборудования, с помощью которого возможно выявить дефекты при ремонтных работах, определить химический состав металла, оценить механические свойства, проконтролировать качество поверхностного слоя и сварочных швов. Стоит отметить, что первоочередной задачей при этом будет разъяснение и наглядная демонстрация, комплекс лабораторных работ должен содержать грамотно изложенный материал и индивидуальные задания для реализации практической подготовки. Работы должны обладать целостностью, воспитывать профессиональные качества, иметь четко выраженную связь с производственной деятельностью, находиться на современном уровне развития науки и техники [4 – 5]. Должны выполняться основные познавательные и воспитательные функции.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

а) расширение материальной и технической базы лаборатории металлографии кафедры, путем подготовки макро и микрошлифов для изучения химического состава, структуры металлов и сплавов, причин и характера разрушения;

б) изучение методик контроля механических свойств с использованием современного оборудования и формирования технологических карт с целью организации проведения испытаний по российским стандартам;

в) анализа микроструктуры железоуглеродистых сплавов, легированных сталей, цветных металлов с использованием современных средств металлографии;

г) изучение основных возможностей анализа структуры материалов с использованием специализированного программного обеспечения и подбор наиболее оптимального программного продукта.

Для выполнения лабораторных работ в малых группах, посвященных измерению механических свойств методами Роквелла, Виккерса и Бринелля студентам предлагается изучить теоретический материал и приступить к практической части. Практическая часть включает в себя измерение твердости и анализ образцов. Для реализации данной лабораторной работы был налажен и введен в эксплуатацию универсальный твердомер Метолаб 701 (рис.1). Данный твердомер может быть использован как в цехах, так и в лабораториях машиностроительных и металлургических предприятий, а также при испытаниях в научно-исследовательских институтах. Система нагружения твердомера предназначена для воспроизведения предварительной и общих нагрузок на испытательный наконечник, а также для визуального отсчета показаний по твердости, включает в себя шпиндельную группу, измерительную и рычажную системы [7].



Рис. 1. Твердомер Метолаб 701

1 - ЖК экран; 2 - стрелочный циферблат; 3 - окуляр; 4 - нониус; 5 - микроскоп; 6 - фиксатор индентора; 7 - индентор; 8 - рабочий столик; 9 - подъемный винт; 10 - переключатель нагрузки; 11 - маховик; 12 - кнопка питания

Практически все методы определения механических свойств являются разрушающими. Но для оперативного измерения твердости без разрушения может быть задействован портативный твердомер ТКМ – 459 (рис.2).



Рис. 2. Твердомер ТКМ- 459

1 – дисплей; 2 – клавиатура; 3- алмазный наконечник; 4 – корпус измерительного стержня

ТКМ – 459 может применяться для контроля твердости литых деталей подвижного состава, как при изготовлении, так и после ремонта, а также непосредственно в условиях эксплуатации.

В учебном процессе портативный твердомер используется для проведения индивидуальных измерений, связанных с термической обработкой углеродистых сталей, цель которых изучение влияния температуры нагрева и скорости охлаждения на изменение механических свойств. Кроме этого, прибор может быть использован для оценки механических свойств в зоне термического влияния деталей подвижного состава, которые в процессе ремонта подвергаются сварке и наплавке.

Для оценки качества и определения микроструктуры используются металлографические микроскопы, состоящие из оптической системы, осветительного и механического устройств.

В качестве лабораторного оборудования для реализации основных образовательных программ и изучения микроструктуры черных и цветных металлов предлагается использовать микроскоп марки Olympus GX-41.

Диапазон увеличений микроскопа варьируется в пределах от 50 до 1000 крат. Данный микроскоп оборудован цифровой камерой и сопутствующим программным обеспечением, что позволяет в процессе обучения быстро и достоверно определять структурную или химическую неоднородность сплава, дефекты и присутствие неметаллических включений, наблюдать дендритное строение, величину и расположение зёрен металла (рис.3), установить способ изготовления деталей, а также оценить качество термической обработки и сварных соединений [8 – 10]. Для примера представлена микроструктура чугунов (рис.3-4).

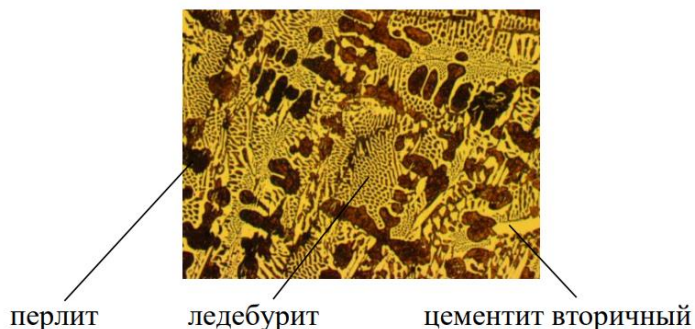


Рис. 3. Микроструктура белого чугуна

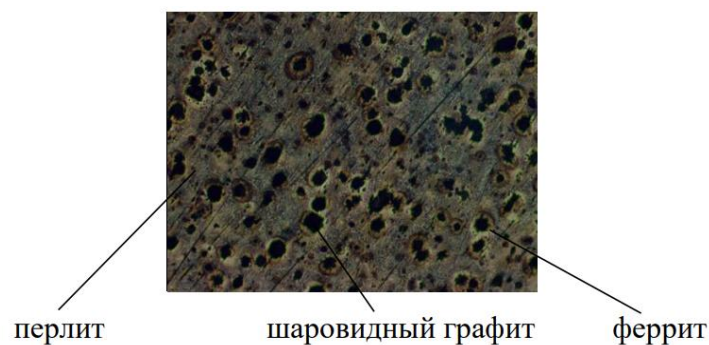


Рис. 4. Микроструктура высокопрочного чугуна

Изображение с цифровой камеры можно получить благодаря программному обеспечению. Можно использовать следующие программные продукты: Levenhuk и DinoCapture. Программное обеспечение Levenhuk обладает возможностью графического редактирования, а также детальной настройки изображения, имеет широкие возможности для проведения различных измерений. DinoCapture, в свою очередь, не располагает широким ассортиментом настройки изображения, но это компенсируется большим спектром графических измерений, черчения и расчета. В DinoCapture доступно создание новых папок, их импорт, работа в файловом менеджере и просмотр свойств каждой папки. В свойствах отображается основная информация по количеству файлов, их типам и размерам. Также имеется возможность дополнительного увеличения, что позволяет более детально рассмотреть исследуемый объект. При выполнении лабораторных заданий по изучению микроструктуры черных металлов студент самостоятельно выбирает подходящий программный продукт под определенную задачу в индивидуальном задании. Кроме этого, данные программные инструменты позволяют проводить обучение в режиме онлайн.

Важной этапом современной металлографии является подготовка образцов для анализа под микроскопом. Поверхность образцов должна быть высокого качества без царапин для избежания погрешностей при количественной и качественной оценке.

Для изготовления макрошлифов возможно использовать современное оборудование. При отсутствии станков и устройств операции шлифования и травления можно также выполнить вручную.

Шлифовка вручную проводится малыми группами с помощью шлифовальных шкурок различной зернистости. Выбор зернистости шкурок идет по уменьшению величины зерна, процесс шлифования производится возвратно-поступательными движениями, при этом, после замены каждой шкурки, направление шлифования изменяется на 90 градусов. Травление производится натиранием испытуемого образца азотной кислотой. На рис. 5 представлены образцы из стали 3, протравленные 5% раствором азотной кислоты [11 – 12].

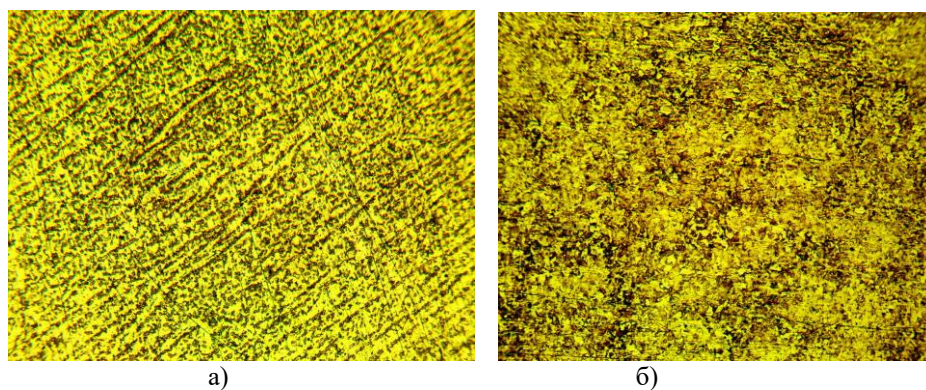


Рис. 5. Протравленные образцы
а – нормализация; б – отпуск.

Интересной с точки зрения обучения является лабораторная работа, посвященная определению марки стали, которую можно выполнить как индивидуально, так и в малых группах. В первую очередь студенты изучают теоретический материал затем определяют марку сталей посредством наблюдения и определения содержания углерода по искре, под руководством преподавателя. Затем из всех опытных образцов студенты делают шлифы, изучают их под микроскопом и по структуре определяют содержание углерода в каждом образце. Результаты обсуждают, анализируют и делают выводы.

Заключение

При выполнении представленных работ студенты изучают теоретический материал приобретают навыки в профессиональной деятельности. В ходе выполнения поставленных задач было проведено расширение материальной и технической базы лаборатории металлографии путем подготовки образцов для изучения химического состава и структуры металлов и сплавов; был разработан комплекс лабораторных работ с использованием современного металлографического оборудования и программного обеспечения. Часть работ посвящена изучению механических свойств и приобретению фундаментальных знаний и навыков в проведении термической обработки. Знания, полученные при изучении курса дисциплины с использованием представленного комплекса лабораторных работ с сопутствующим оборудованием и инструментами, позволит обеспечить подготовку сотрудников не только для инженерной, но и исследовательской деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Помазкина А.А., Сарыков П.В., Шарафитдинова Н.В. Новые виды материалов, используемые при изготовлении электровозов «Синара» // КЖТ УрГУПС.
2. Воронин Н.Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов для железнодорожной техники // – М.: Маршрут, 2013. – 456 с.
3. П. Г. Винник, О. Н. Морозова, А. Н. Копыл. Материаловедение: учеб. Пособие // – Ростов н / Д : ИПО ПИ ЮФУ, 2007. – 220 с.
4. Н. А. Богомолова. Практическая металлография: учебник для технических училищ // – 2-е изд. – Высш. школа, 1982. – 272 с.
5. Б. Г. Лившиц. Металлография: учебник для вузов //– 2-е изд. – Металлургия, 1990. – 276 с.
6. Ермолов, Ю. А. Останин И. Н.. Методы и средства неразрушающего контроля качества: справочник // – Высшая школа, 1988. – 368 с.
7. Лекции [Электронный ресурс]: Методы исследования и испытания металлов. – Режим доступа: <http://www.naukaspb.ru/spravochniki/Demo%20Metall/2.html>.
8. О.Ю. Ваулина. Микроскопический метод исследования металлов и сплавов: учеб. Пособие //– ТПУ, 2012. – 10 с.
9. Материаловедение: учебное пособие // сост. С.С. Черняк, Т.А. Булатникова, В.К. Турчанинов, В.Л. Ивакин, А.В. Лившиц, Ю.А. Караваев, А.А. Барышникова, С.Н. Филатова. – Иркутск : ИрГУПС, 2010. – 176 с.
10. Гаркунов, Д. Н. Триботехника. Износ и безызносность: учебник // Д. Н. Гаркунов. – МСХА, 2001. – 616 с.
11. Солнцев, Ю. П. Материаловедение: учебник для вузов // Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин. – Химиздат, 2007. – 784 с.
12. Кан, Р. У. Физическое материаловедение: учебник для вузов // Р.У. Кан. – 2-е изд. – Мир, 1968. – 490 с.

REFERENCES

1. Pomazkina A.A., Sarykov P.V., Sharafitdinova N.V. Novye vidy materialov, ispol'zuemye pri izgotovlenii elektrovozov «Sinara» UrGUPS [New types of materials used in the manufacture of electric locomotives "Sinara"] KZHT UrGUPS [CRT USRT].

2. Voronin N.N. Materialovedenie i tekhnologiya konstrukcionnyh materialov dlya zheleznodorozhnoj tekhniki [Materials science and technology of structural materials for railway equipment.] - M.: *Marshrut* [M.: *Route*] 2013. - 456 p.
3. P. G. Vinnik, O. N. Morozova, A. N. Kopyl. Materialovedeniye: ucheb. Posobiye [Material Science: Textbook. The allowance] – Rostov n / D : *IPO PI YUFU* [– Rostov o / D: *IPO PI SFU*], 2007. – 220 p.
4. Bogomolova, N. A. Prakticheskaya metallografiya : uchebnik dlya tekhnicheskikh uchilishch [Practical metallography: a textbook for technical schools] *Bogomolova, N. A. – 2-ye izd. – Vyssh. Shkola* [*Bogomolova, N. A. – 2nd ed. – Higher. School*], 1982. – 272 p.
5. Livshits, B. G. Metallografiya: uchebnik dlya vuzov [Metallography: a textbook for high schools] *B. G. Livshits. – 2-ye izd. – Metallurgiya* [*B. G. Livshits. – 2nd ed. – Metallurgy*], 1990. – 276 p.
6. Yermolov, I. N. Metody i sredstva nerazrushayushchego kontrolya kachestva: spravochnik [Methods and means of non-destructive quality control: a directory] *I. N. Yermolov, YU. A. Ostanin. – Vysshaya shkola* [*I. N. Ermolov, Yu. A. Ostanin. – Higher school*], 1988. – 368 p.
7. Lektsii Elektronnyy resurs: Metody issledovaniya i ispytaniya metallov [Lectures Electronic resource: Methods of research and testing of metals]. – Rezhim dostupa: <http://www.naukaspb.ru/spravochniki/Demo%20Metall/2.html>.
8. Vaulina, O. YU. Mikroskopicheskiy metod issledovaniya metallov i splavov: ucheb. Posobiye [Microscopic method for the study of metals and alloys: textbook] *O.YU. Vaulina. – TPU. [O.Yu. Vaulina. – TPU]*, 2012. – 10 p.
9. Materialovedeniye: uchebnoye posobiye [Material science: textbook] *sost. S.S. Chernyak, T.A. Bulatnikova, V.K. Turchaninov, V.L. Ivakin, A.V. Livshits, YU.A. Karavayev, A.A. Baryshnikova, S.N. Filatova. – Irkutsk : IrGUPS [comp. S.S. Chernyak, T.A. Bulatnikova, V.K. Turchaninov, V.L. Ivakin, A.V. Livshits, Yu.A. Karavaev, A.A. Baryshnikov, S.N. Filatov. – Irkutsk: ISTU]*, 2010. – 176 p.
10. Garkunov, D. N. Tribotekhnika. Iznos i bezyznosnost': uchebnik [Tribotechnology. Depreciation and wearlessness: a textbook] *D. N. Garkunov. – MSKHA [D.N. Garkunov. – ICCA]*, 2001. – 616 p.
11. Solntsev, YU. P. Materialovedeniye: uchebnik dlya vuzov [Material Science: a textbook for high schools] / *YU. P. Solntsev, Ye. I. Pryakhin. – Khimizdat [YU. P. Solntsev, E. I. Pryakhin. – Khimizdat]*, 2007. – 784 p.
12. Kan, R. U. Fizicheskoye metallovedeniye: uchebnik dlya vuzov [Physical physics: a textbook for high schools] *R.U. Kan. – 2-ye izd. – Mir [R.U. Kahn. – 2nd ed. – World]*, 1968. – 490 p.

Информация об авторах

Трусков Валентин Андреевич – обучающийся, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: truskov00@list.ru

Ларченко Анастасия Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: larchenkoa@inbox.ru

Information about the authors

Truskov Valentin Andreevich – student, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: truskov00@list.ru

Larchenko Anastasia Gennadievna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the De-partment "Automation of Production Processes", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: larchenkoa@inbox.ru