

НТУ «Дніпровська політехніка» від 18.09.2018, від 11.12.2018). Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 27 с.
URL :<http://www.nmu.org.ua/upload/iblock/4a9/4a97179a0ac59afb9003dddb50e23232.pdf>
(дата звернення: 09.04.2019).

УДК 371.38

МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА «ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ» ПО НАПРАВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ПРОФИЛЮ ГОРНОЕ ДЕЛО

С.А. Пахомова¹, А.С. Помельникова², С.Д. Карпукхин³

^{1,3} кандидат технических наук, доцент; ² доктор технических наук, профессор

² e-mail: vladisl-2013@yandex.ru

^{1,2,3}Московский Государственный Технический Университет им. Н. Э. Баумана, Россия

Аннотация. В работе представлены рекомендации по системе преподавания курса «Технология нанесения покрытий» студентам по специальности «Материаловедение». Для существенного повышения качества обучения и приближения к практической деятельности, в статье приведены рекомендации по самостоятельной работе студентов и обширный список литературы, включающий, в том числе, современные интернет-ресурсы.

Ключевые слова: технология, покрытия, материаловедение, программа дисциплины, рекомендации, методика преподавания.

MASTER'S PROGRAM 'COATING TECHNOLOGY' BY MATERIALS SCIENCE DIRECTION AND MINING PROFILE

S. Pakhomova¹, A. Pomelnikova², S. Karpukhin³

^{1,3} Ph.D., assistant Professor; ² Ph.D., Professor;

² e-mail: vladisl-2013@yandex.ru

^{1,2,3} Bauman Moscow State Technical University, Russia

Abstract. The paper presents recommendations for the teaching of the course 'Coatings Technology' to students in the specialty 'Science of Materials'. To significantly improve the quality of education, the article provides the recommendations for students to self-study of the course and the extensive bibliography, which includes, inter alia, modern Internet resources.

Keywords: Coatings, Technology, Science of Materials, program of discipline, recommendations, methodology.

Введение. Преподавание курса «Технология нанесения покрытий» в МГТУ им. Н.Э. Баумана ведет кафедра «Материаловедение». Предлагае-

мый курс лекций может входить в программу обучения магистров по профилю машиностроения и в т.ч. горного дела. Сущность предмета заключается в изучении теории научно обоснованного определения свойств рабочих поверхностей, обеспечивающих экономически целесообразную долговечность, а также в технологическом создании таких поверхностей, их контроле, испытании, ремонте, и восстановлении [1, 2].

Основной целью преподавания дисциплины является формирование у студентов знаний, умений и навыков в области получения поверхностных покрытий с заданными эксплуатационными свойствами, а также к участию в создании новых методов, прогрессивных технологий и оборудования для получения покрытий. Задачи дисциплины – формирование умений и навыков по следующим направлениям деятельности: 1) определение эксплуатационных характеристик деталей машин, приборов, конструкций; 2) определение основных критериев оценки конструкционной прочности материалов; 3) научное и экономическое обоснование выбора метода и оборудования для получения покрытий с заданными свойствами.

Настоящая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования с учетом требований к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по специальности «Материаловедение» и соответствует компетенциям по направлению подготовки магистров 150100.65 «Материаловедение и технологии материалов».

Целью работы является формирование у студентов-магистров знаний, умений и навыков в области современных представлений о технологиях нанесения покрытий, а также инженерных методов изменения структуры поверхности деталей для получения заданных свойств изделий горнодобывающей промышленности.

Материалы и методология развития программы. Дисциплина входит в часть профессионального цикла по выбору и преподается в течение одного семестра. Программа рассчитана на 36 часов, из которых 12 – лекции, 12 – семинары, остальное – самостоятельная работа, направленная на проработку курса, выполнение домашнего задания, подготовку к контрольной работе и к экзамену.

Освоение дисциплины предусматривает наличие у студентов знаний и умений по следующим дисциплинам: «Инженерия поверхности», «Физика» (молекулярная физика, физика твердого тела, строение твердых тел, магнетизм, электричество, механические, тепловые, магнитные и электрические свойства твердых тел); «Химия» (виды химической связи, зависимость свойств от положения элементов в периодической системе элементов, эле-

менты электрохимии, химии полимеров, диэлектриков и полупроводников); «Информационные технологии» (методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации); «Основы термодинамики» (термодинамические процессы и циклы, теплота и работа, энтальпия, энтропия).

В свою очередь, знания, полученные студентами в данном курсе, используются при выполнении курсовых проектов и выпускной квалификационной работы, а также в курсах по теории и практике обработки материалов, трибологии и химико-термической обработке.

Применяемый в МГТУ им. Н.Э. Баумана рейтинго-модульный принцип организации преподавания дисциплин используется в методике преподавания курса «Технология нанесения покрытий». Весь курс разбивается на два модуля. Первый включает изучение строения и эксплуатационных свойств поверхностного слоя деталей машин, а второй – методы и оборудование для нанесения покрытий на металлах и сплавах. Структура и содержание курса, с указанием временных затрат на изучение отдельных тем модулей, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Структура и содержание дисциплины

№ п/п	Модули	Лекции, ч	Семинары, ч	Лабораторные работы, ч	Самостоятельная работа, ч	Литература
1.	Модуль 1. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин	12			6	[1-5, 12, 13]
1.1	Лекции					
1.2	Контрольная работа №1					
2.	Модуль 2. Методы и оборудование для нанесения покрытий на металлах и сплавах		12		6	[6-13]
2.1	Семинары					
2.2	Домашнее задание. Презентация доклада на тему «Способ и оборудование для нанесения покрытия, соответствующего условиям эксплуатации детали»					
2.3.	Контрольная работа №2					
	Итого:	12	12		12	

Ниже более подробно приведены содержание лекций, домашних заданий и структуры оценок по каждой из тем модулей.

Лекционный курс 1-го модуля включает следующие темы

1. Эксплуатационные свойства деталей машин и их поверхностный слой. Влияние состояния поверхности на работоспособность деталей машин и приборов. Декоративные свойства художественных изделий
2. Критерии надежности, прочности и долговечности. Оценка эффективности поверхностного и объемного легирования. Способы повышения конструкционной прочности.
3. Граничная зона поверхностного слоя и ее структурно-фазовое состояние. Зависимость физико-механическое состояние поверхности сплавов от методов и режимов обработки.
4. Механические методы обработки поверхности: шлифование, полирование, обработка давлением и резание.
5. Электрохимические и химические методы обработки поверхности.
6. Процессы диффузии, адсорбции и хемосорбции. Их роль в формировании поверхностных слоев.
7. Влияние разных факторов: структуры, состояния поверхности сплавов, фазового состава, активности и давления окружающей среды, а также температуры на кинетику формирования поверхностных слоев.

Семинары 2-го модуля включают следующие темы:

8. Основные показатели качества машин, которые преимущественно определяются свойствами поверхностных слоев деталей (износостойкостью, пределом выносливости, коэффициентом трения, коррозионной стойкостью, контактной жесткостью, герметичностью соединения, прочностью посадок и др.).
9. Работа деталей машин в контакте с эксплуатационной средой; с технологическими средами (соединения и их растворы в различных агрегатных состояниях); со средами, которые используются для осуществления рабочего цикла (например, топливо и теплоносители или смазочные материалы и т. п.).
10. Разные виды обработки поверхности для устранения или торможения процессов, которые протекают на границе металл — среда, негативно воздействующих на работоспособность материалов.
11. Способы направленного изменения физико-химических свойств поверхностных слоев материалов: деформирование, модифицирование, нанесение покрытий, пленок и защитных слоев.
12. Нанотехнология. Примеры использования нанотехнологий для целенаправленного изменения свойств поверхности изделий. Технология тон-

ких пленок. Нанокompозитные и структурированные упрочняющие покрытия.

Самостоятельная работа:

Модуль 1. Самостоятельная работа студента заключается в проработке материала лекций, подготовке к контрольной работе № 1, подготовке к защите модулей. Контроль проводится в потоке на лекции в форме письменного, индивидуального для каждого студента, задания. Используются конспекты лекций и литература [1-5, 12, 13].

Модуль 2. Самостоятельная работа студента заключается в проработке материала лекций, выполнению домашнего задания: подготовке реферата и презентации доклада по теме «Способ и оборудование для нанесения покрытия, соответствующего условиям эксплуатации деталей», подготовке к защите модуля 2 и к сдаче экзамена.

Используются конспекты лекций и предлагаемая литература [6-13]. В связи с тем, что домашнее задание должно быть выполнено на современном уровне развития науки и техники, студенты много времени уделяют анализу информации различных интернет-ресурсов.

Выполнение домашнего задания: реферата и презентации доклада.

В реферате рассматриваются различные способы нанесения покрытий. С обязательным отражением следующих пунктов: Цель, способы проведения. Обрабатываемые материалы. Изменение свойств и влияние на эксплуатационные свойства. Комбинирование с другими видами обработки. Применение (детали, изделия). В реферате должны быть подробно объяснены теоретические аспекты изменения свойств и структуры деталей с покрытиями.

Реферат содержит 10-20 страниц текста формата А4 (включая рисунки, титульный лист и список использованной литературы) и 10-15 листов презентации доклада с использованием мультимедиа.

Выполненное задание представляется в виде публичного доклада (презентации) в сроки, предусмотренные графиком учебных занятий. Защита доклада проводится устно, при этом студент должен продемонстрировать понимание сущности изменения структуры и свойств, происходящих на каждом этапе обработки поверхности.

Методическое и техническое обеспечение дисциплины:

Курс лекций читается в лекционных аудиториях кафедры МТ8, с возможностью использования программных продуктов и мультимедиа представления материала. На первом занятии студенты получают следующие материалы:

- 1) набор электронных презентаций в электронном виде по темам лекционного курса для использования в аудиторных занятиях;
- 2) вопросы для подготовки к контрольной работе по модулю 1;
- 3) примерные темы домашнего задания;
- 4) вопросы к экзамену, проводимому после обучения по модулю 2;
- 5) список основной и дополнительной литературы (приведен ниже).

Используемое на лекциях оборудование: интерактивные электронные средства. В том числе: компьютер, проектор, мультимедийная доска.

В курсе «Технология нанесения покрытий» реализована личностно ориентированная технология образования, сочетающая два равноправных аспекта этого процесса: обучение и учение. С учетом этого, учебные материалы модуля включают информацию нескольких типов:

- информацию, отражающую мировой, постоянно обновляющийся опыт в области технологии;
- информацию справочного характера, излагающую факты и связи между ключевыми положениями науки о покрытиях и естественно-научными и общепрофессиональными дисциплинами;
- информацию, помогающую самообразованию. Это - имеющиеся в лекционном разделе модуля текстовые пояснения, указания, примечания, комментарии, смысловые таблицы, приложения, облегчающие самостоятельную обработку текста, его понимание.

Деятельностный подход при освоении дисциплины реализуется через анализ и решение учебных задач. При изучении дисциплины предусмотрены следующие активные формы проведения занятий: 1) просмотр и обсуждение видео фрагментов лекционного раздела модуля; 2) работа на семинарах в команде при подготовке аналитических обзоров и презентаций по полученным результатам; 3) активное обсуждение на семинарах презентаций студентов по результатам рефератов.

Итоговая рейтинговая система контроля знаний:

При изучении дисциплины используется рейтинговая система, включающая постоянный контроль знаний студентов в течении семестра. Система позволяет активизировать работу студентов в ходе лекционного курса, способствует повторению изученного и усвоению нового материала. Объектами оценивания результатов обучения являются знания, умения, навыки и личностные качества — компетенции, сформированные в ходе изучения дисциплины.

Основными видами контроля уровня учебных достижений студентов являются:

- по модулю 1: написание контрольной работы №1 (зачетные баллы 20...30);

- по модулю 2: контроль за выполнением реферата; публичная защита реферата, представляемого в виде доклада (презентации) (зачетные баллы 20...30);
- написание контрольной работы №2 (зачетные баллы 20...30).

На экзамене студент может получить дополнительные аттестационные баллы, если он выполняет учебную работу, не предусмотренную календарным учебным планом: занимается научной работой на кафедре, участвуя в студенческих научных конференциях (с подготовкой и представлением доклада, реферата или презентации) и т.п. (до 10 баллов).

Максимальная сумма баллов по дисциплине за семестр равна 100 баллов. Удовлетворительно, хорошо или отлично по дисциплине выставляется при накоплении соответственно 60...70, 71...85 или 86...100 баллов.

Таким образом, после освоения дисциплины «Технология нанесения покрытий» студент должен приобрести необходимые знания, умения и владение навыками, соответствующие компетенциям основной образовательной программы магистра, реализуемой ВУЗом по направлению подготовки 150100.65 «Материаловедение и технологии материалов».

Выводы

1. Студенты приобретут знания величин, характеризующих энергию и связи в твердом теле; параметров процессов ионной, термической и химико-термической обработок; характеристик фазового состава покрытий.
2. Студенты будут уметь классифицировать металлы и сплавы и методы нанесения покрытий; анализировать применение определенного метода нанесения покрытия в зависимости от типа сплава и назначения покрытия; выбирать методы исследования структуры и состава покрытий для управления свойствами материалов.
3. Студенты овладеют навыками самостоятельно работать со стандартами, учебной и справочной литературой; по выбору материала и технологии его упрочнения по требуемым конструкционным, технологическим и экономическим параметрам с использованием компьютерных баз данных; по применению оборудования и приборов для определения структуры и свойств деталей с покрытиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тушинский Л.И. Методы исследования материалов. Структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий. М.: Мир, 2004. – 384 с.
2. Суслов А.Г. Инженерия поверхности деталей. М.: Машиностроение, 2008. - 320 с.
3. Пахомова С.А. Особенности преподавания курса «Инженерия поверхности» студентам по направлению «материаловедение и технологии материалов» // Инженерный вестник. 2015. № 9. С. 19.

4. Fakhurtdinov R.S., Pakhomova S.A., Ryzhova M.Y. On the problems of modernizing equipment for vacuum carburization // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2017. - Т. 46, № 2. - P. 187-192.
5. Pakhomova S. A. , Manayev O. I. Effect of Heat Shotblast Treatment Exerted on the Contact Fatigue of Carburised Heat-Resistant Steel C0.12Cr2NiWV // *Inorganic Materials: Applied Research*. July 2018. Т 9. № 4. Pp 732–735. DOI: 10.1134/S2075113318040251
6. Помельникова А.С., Фетисов Г.П., Пахомова С.А. К вопросу упрочнения различно легированных сталей обработкой в коронном разряде // *Технология металлов*. 2017. № 2. С. 20-24.
7. Alekseeva J. S., Fedorova L.V., Fedorov S.K., Kapustin I.N. Improving the quality of the surface layer of steel parts // *Proceeding of 5-th International Mechanical Engineering Forum (IMEF)*, 2012. Prague, Czech Republic. P. 65-74.
8. Fedorova L.V., Fedorov S.K., Bokhonov G.Yu. Reinforcing electromechanical restoring output shaft gear box change the family car "Gazelle" // *Repair, restoration, modernization*. 2015. № 9. P. 14-16.
9. Пахомова С.А., Фахуртдинов Р.С., Рыжова М.Ю. Особенности вакуумной цементации деталей для горнодобывающей промышленности // *Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта*. 2016. № 3. С. 108-116.
10. Fakhurtdinov R.S., Ryzhova M.Y., Pakhomova S.A. Advantages and commercial application problems of vacuum carburization // *Polymer Science. Series D*. 2017. Т. 10. № 1. С. 79-83.
11. Пахомова С.А., Рыжов Н.М. Эффективность деформационного упрочнения цементованных сталей // *Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение*. 1999. № 2. С. 61.
12. Metals & Materials Society (TMS) – Accessed March 2007. - at The Minerals. Режим доступа: <http://www.materialmoments.org/top100.html/> (дата обращения 01.05.2018).
13. Сайт по тематике «Модифицирование сплавов»: разработка, внедрение, технический аудит. *Металловедение. Металлургия. Исследовательский центр Модификатор*: <http://www.modificator.ru/> (дата обращения 01.05.2018).