



Министерство образования и науки РФ
Научно-методический совет по материаловедению
и технологии конструкционных материалов



Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

**ВСЕРОССИЙСКОЕ СОВЕЩАНИЕ
ЗАВЕДУЮЩИХ КАФЕДРАМИ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ
«Междисциплинарные подходы в материаловедении
и технологии. Теория и практика»**



Сборник трудов

6–8 октября
Белгород 2015

Министерство образования и науки РФ

Научно-методический совет по материаловедению
и технологии конструкционных материалов

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

**ВСЕРОССИЙСКОЕ СОВЕЩАНИЕ
ЗАВЕДУЮЩИХ КАФЕДРАМИ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ
«Междисциплинарные подходы в материаловедении
и технологии. Теория и практика»**

Сборник трудов

6–8 октября
Белгород 2015

УДК 378:620.22
ББК 74.58:30.3
М 43

Междисциплинарные подходы в материаловедении и технологии. Теория и практика: сб. трудов Всероссийского совещания заведующих кафедрами материаловедения и технологии материалов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 273 с.

В сборнике представлены статьи профессорско-преподавательского состава, аспирантов, научных сотрудников кафедр материаловедения и технологии материалов. Рассматриваются результаты последних разработок и исследований в области учебно-методической и научной деятельности в области материаловедения и технологии материалов.

Материалы сборника могут быть полезны для преподавателей, аспирантов и магистрантов вузов.

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Абакумов А.В., Гадалов В.Н., Афанасьев А.А., Тураева О.А. Анализ изнашивания и повреждаемости деталей буровых геологоразведочных насосов	7
Бабкин О.Э. Инновационные материалы на кафедре кинофотоматериалов и регистрирующих систем	16
Баскаков П.С., Строкова В.В., Мальцева К.П. К вопросу о выборе полиакрилатов, акриловых и стиролакриловых сополимеров для водно-дисперсионных лакокрасочных материалов	24
Бешевли О.Б., Дуюн Т.А. Особенности теплового состояния баббитов при механической обработке	29
Блинова Т.А., Сюсюка Е.Н. Влияние способов обработки на структуру поверхностного слоя шестерни	35
Бондаренко Д.О., Рыкунов А.М. Современные покрытия для теплоизоляции фасадов зданий	41
Боцман А.Н., Ищенко А.В., Захаров С.А., Челядник М.С. Использование промышленных отходов в производстве вяжущих веществ	45
Боцман А.Н., Лебедев А.А., Челядник М.С., Захаров С.А. Опыт использования отходов железорудной промышленности при производстве композиционных вяжущих	49
Боцман Л.Н., Челядник О.В., Марков А.Ю. Повышение эффективности дорожного строительства за счет использования цементно-бетонных покрытий	55
Волков П.В., Драгунов В.К., Матюнин В.М. Преподавание курса «Специальные вопросы материаловедения» в МЭИ	61
Гаврилов Г.Н., Горшкова Т.А., Ермаков Д.Ю., Федотов Д.О., Чернышов Д.А. Технологические особенности лазерного легирования сталей	66
Гадалов В.Н., Ковалев С.В., Скрипкина Ю.В., Тураева О.А., Розин А.Ю. К оценке характеристик жаропрочности на основе метода многофакторного планирования эксперимента	72
Гадалов В.Н., Скрипкина Ю.В., Бредихина О.А., Шеставина С.В. Некоторые сведения о твердых сплавах WC-Co с высоким содержанием связки	76

Гадалов В.Н., Скрипкина Ю.В., Ковалев С.В., Тураева О.А., Розин А.Ю. Повышение работоспособности и качества восстановленных газоплазменным напылением валов ультразвуковой обработкой	84
Голдобина В.Г. Обучение студентов дисциплинам, связанным с заготовительным производством	90
Губарева Е.Н., Строкова В.В., Огурцова Ю.Н., Дронова Е.К. Методы предотвращения загрязнения строительных материалов ...	96
Данакин Д.Н., Кожухова Н.И., Жерновский И.В., Веприк А.А. Ячеистый геополимерный бетон – новый материал для экологичного строительства	102
Данков В.В. О духовно-нравственном воспитании молодежи	111
Дуганов В.Я., Сумской А.М., Олейников Е.А., Никольская В.Е. Определение влияния деформации вращающегося кольца на направление передачи погрешности его формы	121
Иванов Г.Н., Сизова Е.И. Технология развития непрерывного технического образования и лекционный курс «Технология конструкционных материалов»	128
Иванова В.А. Особенности разработки и реализации основной образовательной программы по направлению «Материаловедение и технологии материалов»	134
Кожухова М.И., Ищенко А.В., Угримов Д.Г. К вопросу о создании фасадных материалов с повышенными защитно-декоративными характеристиками	140
Колокольцев В.М., Петроченко Е.В., Михайлов А.В. Улучшение структуры и свойств жароизносостойких за счет обработки их расплавов кальций-стронциевым карбонатом	145
Курганова Ю.А., Помельникова А.С., Фетисов Г.П., Курашкина О.Ю. О межвузовском сотрудничестве кафедр по научным и научно-методическим проблемам	150
Любимый Н.С., Чепчуров М.С., Никольская В.Е. Влияние времени размешивания металлополимерной композиции на качество поверхности отливки	153
Любимый Н.С., Чепчуров М.С., Тетерина И.А. Влияние разделяющей смазки на качество поверхности отпечатка и сложность извлечения модели из металлополимерной формы	156

Любимый Н.С., Чепчуров М.С. Влияние применения вакуумирования при отверждении металлополимера на его теплопроводность	159
Проценко И.Г., Мордасов Д.М. Сканирующая зондовая микроскопия высококоэзрцитивных материалов	163
Пузин С.Н., Фетисов Г.П., Данков В.В., Курашкина О.Ю. «Необучаемые» – это правда?	171
Пузин С.Н., Фетисов Г.П. Импортозамещение в системе инженерных ВУЗов	181
Ромбах В.П. Теория упругости Максвелла, идея потенциальной энергии дисторсии и ее квантовомеханическая интерпретация	185
Сироткин О.С. О качественно новом этапе развития материаловедения и варианте учебника для Высшей школы по современному изложению данной учебной дисциплины	198
Стативко А.А., Шопина Е.В. Методические особенности в преподаваниисновных разделов дисциплины «Материалдоведение»	207
Строкова В.В., Васнева В.А., Нелюбова В.В., Огурцова Ю.Н. Особенности организации научно-образовательного процесса в школе с учетом принципов непрерывной подготовки кадров в системе «Школа – Вуз – Предприятие»	211
Строкова В.В., Данакин Н.С., Муртазаев С-А.Ю., Алисултанова Э.Д., Щербакова А.И., Чикилева Е.Н. Непрерывный образовательный процесс как фактор безопасности	217
Строкова В.В., Маркова И.Ю., Дмитриева Т.В. Исследование вариативности физико-механических свойств техногенного сырья в виде зол-уноса ТЭС различных генотипов с точки зрения использования для модификации битума	224
Сычков А.Б., Малашкин С.О., Камалова Г.Я. Эффективная термическая обработка бунтового проката при двустадийном охлаждении	230
Темных В.И., Свечникова Л.А., Токмин А.М. Инновационные подходы в преподавании общетехнических дисциплин	239
Третьякова Н.В. Рейтинговая система оценки студентов по материаловедению	243
Федорова Л.В., Федоров С.К., Иванова Ю.С. Проблемы внедрения результатов исследований в промышленные технологии	246

Хлыбов А.А., Сорокин В.К., Колосова Т.М., Беляев Е.С. Развитие научного направления по алмазосодержащим порошковым материалам	250
Хлыбов А.А., Сорокин В.К., Колосова Т.М. Развитие научных работ студентов по материаловедению	256
Чикилева Е.Н. Методы и технология исследования квалификационных потребностей производственных предприятий	260
Шарая О.А., Пастухов А.Г., Минасян А.Г. Использование интерактивных методов обучения при изучении дисциплины «Материаловедение и ТКМ»	267

АНАЛИЗ ИЗНАШИВАНИЯ И ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ДЕТАЛЕЙ БУРОВЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ НАСОСОВ

**Абакумов А.В., аспирант,
Гадалов В.Н., д-р техн. наук, проф.,
Афанасьев А.А, д-р техн. наук, проф.,
Тураева О.А., аспирант**

Юго-Западный государственный университет

Важнейшим требованием, предъявляемым к буровому оборудованию, используемому в нефте-газодобыче, геологоразведке и многих других горных работах, является высокая надежность всех его агрегатов и узлов. Практика показывает, что в настоящее время уровень надежности этого оборудования весьма невысок, особенно это касается так называемых грязевых насосов, подающих глинисто-песчаный раствор в разбуриваемые скважины. Детали этих насосов работают в чрезвычайно тяжелых условиях при высоких нагрузках (давлении) и в контакте с агрессивной коррозионно-абразивной средой, что вызывает их быстрый выход из строя. Частые отказы буровых насосов негативно сказывается на себестоимости буровых работ, поэтому задача повышения долговечности быстроизнашивающихся деталей грязевых насосов является весьма актуальной.

Наиболее слабыми местом в буровых насосах является сопряженная клапанная пара «клапанная тарелка – седло клапана», обеспечивающая перекрытие напорного трубопровода при обратном ходе поршня насоса. Проведенные исследования показали, что срок службы этой клапанной пары в грязевых насосах различных конструкций не превышает 40...80 часов, после чего тарелка и седло заменяются на новые. Очевидно, что существует острая необходимость повышения долговечности этих деталей, что, в свою очередь, требует изучение процессов, приводящих к выходу их из строя при эксплуатации.

Одна из наиболее распространенных конструкций клапана бурового насоса представлена на рисунке 1. В этой конструкции тарелка прижимает к седлу пружиной, обеспечивающей ее плотную посадку и герметичность клапана.

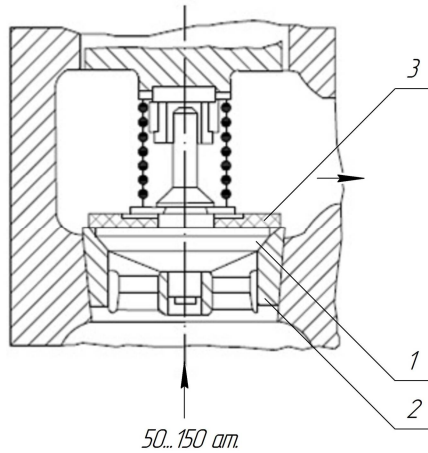


Рисунок 1 – Конструкция клапана геологоразведочного грязевого насоса: 1 – тарелка клапана; 2 – седло клапана; 3 – резиновая прокладка

Для обеспечения правильной посадки на седло и предотвращения перекосов клапанные тарелки снабжаются направляющими, а для лучшей герметизации – резиновой прокладкой.

Для выявления особенностей изнашивания и повреждаемости деталей клапанные пары были нами исследованы отработанные тарелки и седла геологоразведочных насосов типа Гр16/40 в количестве 26 штук каждой из деталей, ранее работавших в парах. После тщательной очистки тарелки и седла подвергались осмотру, микрометражу, а также металлографическому и рентгеноструктурному анализам.

Для всех 26 тарелок обследованных клапанов, отработавших от 52 до 78 часов наиболее распространенными дефектами являлись глубокие бороздки (т.н. промывы), расположенные на рабочих (запирающих) поверхностях тарелок (рис. 2).



Рисунок 2 – Вид типичных повреждений тарелок клапанов геологоразведочных насосов Гр16/40

Аналогичные повреждения, только несколько меньших размеров наблюдаются на рабочих поверхностях клапанных седел (рис. 3).

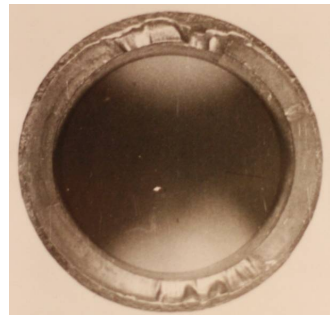


Рисунок 3 – Отработанные седла геологоразведочных насосов Гр16/40

Как можно судить по характеру повреждений на рабочих поверхностях клапанных тарелок и седел, основными причинами выхода из строя этих деталей является ударно – абразивное изнашивание, которое изменяет место при соударении деталей через абразивную прослойку, а так же гидроабразивное изнашивание твердыми минеральными частицами, увлекаемыми потоком жидкости в зазоре между тарелкой и седлом клапана.

Микрорезние металла абразивными частицами происходит в этот период, когда клапан открыт и абразивные частицы с высокой скоростью и под большим давлением перемещаются по рабочим

поверхностям тарелки клапана и седла. В результате на этих поверхностях образуются радиальные бороздки и царапины в (направлении потока жидкости).

В момент закрытия клапана его тарелка под действием пружины с большой силой ударяет по седлу. При этом между рабочими поверхностями тарелки и седла остается некоторое количество абразивных частиц, которые частично разрушаются, а частично внедряются в металл. На изнашиваемых поверхностях формируется специфический рельеф, представляющий собой сочетание лунок различной формы и глубины (рис. 4).

Образование лунок обусловлено, в основном, пластической деформацией металла при внедрении в него твердого тела, а отсутствие на этих поверхностях рисок свидетельствует о том, что в зоне соударения не происходит перемещения частиц вдоль поверхности.



Рисунок 4 – Вид поверхности тарелки клапана (×4)
в зоне ударно-абразивного изнашивания

В начальный период работы клапанного узла, как следует из результатов наших наблюдений, изнашивание происходит, главным образом по ударно-абразивному механизму. По мере увеличения продолжительности эксплуатации насоса начинает переваливать гидроабразивный механизм разрушения сопрягаемых поверхностей. Этому способствует нарушение исходной геометрии рабочих поверхностей деталей и, по-видимому, с разупрочнением (перенаклепом) их материала.

Наличие на рабочих поверхностях тарелок и седел клапанов, проработавших достаточно длительное время, глубоких бороздок

(глубиной до 0,5 до 0,8 мм), так называемых проливов можно объяснить образованием крупных дефектов, нарушающих герметичность посадки.

В сквозные дефекты проникает гидроабразивная суспензия под высоким давлением и уже даже при закрытом клапане промывает глубокие радиальные каналы на сопрягаемых поверхностях тарелки и седла.

На характер повреждения тарелок и седел клапанов грязевых насосов оказывает влияние геометрическая форма тарелки. Обследование большого количества изношенных клапанов позволило установить постоянно повторяющуюся особенность их износа, возле каждой из четырех направляющих на клапанной тарелке обязательно имеются глубокие промывы рабочей поверхности. Такие же промывы имеются на соответствующих местах рабочей поверхности седла (рис. 5).



a)



б)

Рисунок 5 – Промывы на рабочих поверхностях тарелки клапана (*a*) и седла клапан (*б*) в местах направляющих элементов на клапанных тарелках

Это свидетельствует о том, что из-за плохой обтекаемости направляющих (приливов на нерабочей поверхности тарелки) происходит, по-видимому, срыв ламинарности и завихрения потока промывающего раствора. В результате резко снижается его скорость и возрастает давление, что и вызывает интенсивное изнашивание металла в этих местах.

Известно, что износ деталей машин зависит не только от условий их работы, но и в большей степени от характеристик их материала.

Типовой технологией производства клапанов буровых насосов предусмотрено изготовление клапанных тарелок и сѐдел литьем и среднеуглеродистых сталей марок 35Л и 40Л. Упрочняющая обработка тарелок состоит в поверхностной закалке их фасок с нагревом ТВЧ, а обработка сѐдел клапанов – в их объемной закалке.

Металлографический анализ как отработанных, так и новых деталей показал, что технология упрочняющей обработки деталей клапанной пары при их изготовлении не всегда выдерживалась, особенно для клапанных тарелок.

Замеры микротвердости тарелок и ее сѐдел большого количества показал, что большинство тарелок имели твердость (на рабочих поверхностях) порядка HV 246...444, однако встречались тарелки ($\approx 10\%$) имеющие заметно большую твердость HV 486...529, а твердость материала заготовок непосредственно после отливки – HV 192...225. Твердость рабочих поверхностей классических сѐдел была более стабильной и составляла для всей партии исследованных сѐдел HV 554...653.

Металлографический анализ материала сѐдел, имеющих высокую твердость показал, что микроструктура его представлена, в основном, мелкозернистым мартенситом (рис. 6).

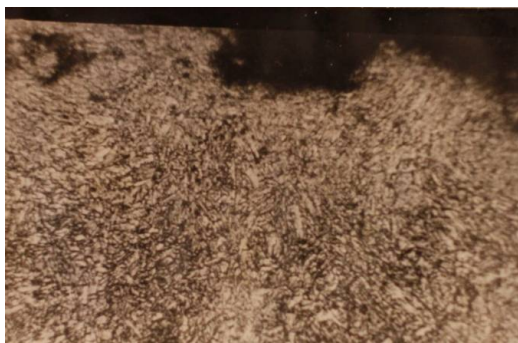


Рисунок 6 – Микроструктура (мартенсит) материала седла клапана ($\times 200$)

Структура материала клапанных тарелок, в большинстве случаев, представляет ферритом и перлитом (рис. 7), что свидетельствует о неэффективности поверхностей закалки этих деталей.

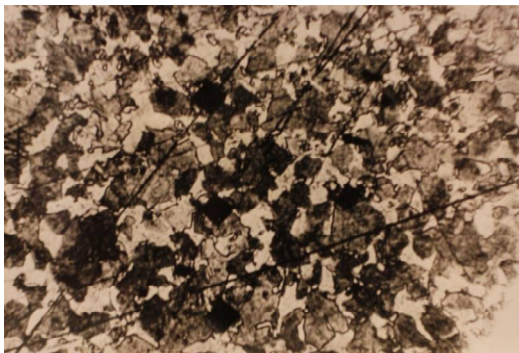
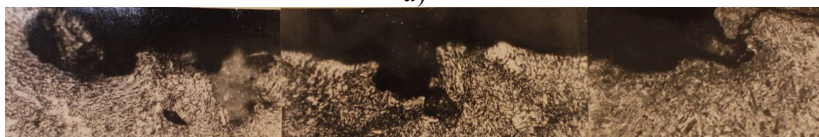


Рисунок 7 – Микроструктура (феррит+перлит) материала тарелки клапана ($\times 200$)

Микроскопическое исследование отработанных деталей показывает, что структура стали на их сопрягаемых поверхностях претерпевает в процессе работы значительные изменения (рис. 8).



a)



б)

Рисунок 8 – Микрорельеф изношенных поверхностей клапанной тарелки (*a*) и клапанного седла (*б*) грязевого насоса Гр16/40 ($\times 200$).
Наработка насоса 78 часов

Микрорельеф изношенных поверхностей деталей клапанной пары свидетельствует о том, что при их работе в поверхностных слоях металла

происходят усталостные процессы. При этом усталостное разрушение проявляется в виде выкрашивания микрофрагментов материала. Этому выкрашиванию у стали с феррито-перлитной структурой предшествует пластическое деформирование тонкого поверхностного слоя (рис. 8, *а*), у стали с мартенситной структурой такого деформирования слоя не наблюдается (рис. 8, *б*).

Однако, рентгеноструктурный анализ изношенных деталей с мартенситной структурой показывает, что в поверхностных слоях металла в процессе их работы возникают значительные внутренние напряжения, о чем свидетельствует уширение пиков α -Fe на дифрактограммах (рис. 9).

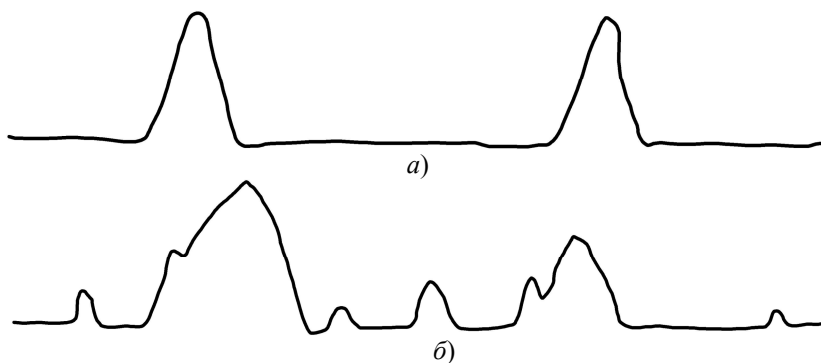
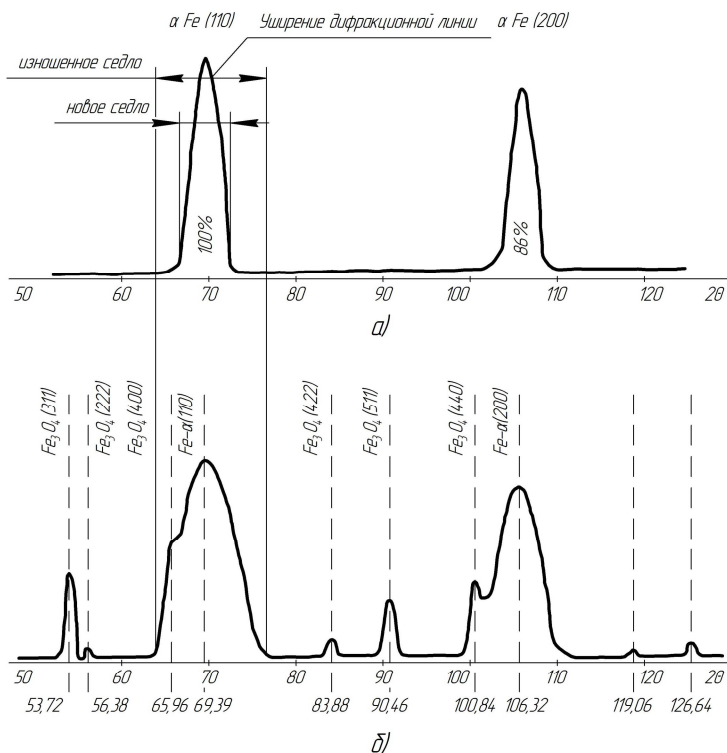


Рисунок 9 – Дифрактограммы материала седла клапана:
а – новое седло на стали 35Л после объемной закалки;
б – изношенное седло после наработки 54 часа

Расчеты, проведенные по полученным дифрактограммам, показали, что значения внутренних напряжений на поверхности изношенных седел достигают 400 МПа. Аналогичные напряжения, только несколько меньшей величины (≈ 250 МПа) обнаруживаются на изношенных поверхностях клапанных тарелок. На изношенных поверхностях как клапанных седел, так и клапанных тарелок имеются оксидные фазы, идентифицирующиеся как Fe_3O_4 (рис. 9 б).

Дифрактограммы деталей клапанной пары буровых насосов Гр 16/40



Хромовое K_{α} -излучение

Рисунок 10 – Дифрактограммы седла клапана:

а – новое седло из стали 35Л после объемной закалки;

б – дифрактограмма изношенного седла клапана после наработки 54 часа

На первой дифрактограмме (а) видно некоторое ускорение пиков α -железа (мартенсита), что свидетельствует о наличии в решетке внутренних напряжений. На второй дифрактограмме (б) видны пики окисла Fe_3O_4 и большее уширение пиков α -Fe (увеличиваются напряжения).

ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА КАФЕДРЕ КИНОФОТОМАТЕРИАЛОВ И РЕГИСТРИРУЮЩИХ СИСТЕМ

Бабкин О.Э., д-р техн. наук, проф.
*Санкт-Петербургский государственный
институт кино и телевидения»*

Современный мир, яркий и многоцветный, который окружает нас повсюду – это в первую очередь мир декоративного дизайна, созданный профессионалами-художниками и профессионалами-технологами.

Богатые краски природы прекрасны и неповторимы, но доступны не каждому и не постоянно, они меркнут со временем, зависят от капризов природы и солнечного света, а искусственный мир, в котором живет большинство людей, способен создавать атмосферу радости и счастья постоянно, главное – суметь создать «природные» краски, несущие позитив и ощущение комфорта.

Задача декоративного дизайна – максимально воспроизвести природные тона и оттенки, передать энергетику природы в условиях индустриального модерна в стиле high-tech. И желательно при этом не только создать разноцветье красок, но и сохранить экологичность окружающего пространства. Эту задачу довольно длительное время с той или иной долей успешности решали технологии воднодисперсионных лакокрасочных материалов, успешной альтернативой им стали технологии ультрафиолетового отверждения (УФ-отверждения).

Материалы УФ-отверждения (УФ-полимеризующиеся материалы) уже широко используются в полиграфии, в строительстве, в мебельной промышленности – для окраски мебельных фасадов, в производстве паркета, полиуретановых ковриков, для настенных термостойких фартуков у плит, дверей, поливинилхлоридных лент, используемых в мебельной промышленности, для защиты печати по пористому анодированному алюминию, для защиты оптоволокну (рис. 1), и влагозащиты электронных плат и узлов радиоэлектронной аппаратуры. С 2008 г. в России действуют промышленные установки УФ-отверждения для создания защитных (антикоррозионных) покрытий по металлоизделиям на трубных заводах: Синарский трубный, Волжский трубный, Выксунский, ТАГМЕТ, и продолжают открываться новые производства – в 2015 г. на рынок вышла новая серия УФ-полимеризующихся материалов под торговой маркой «UNIVERSUM-UV», производитель ООО «Пластик-Строймаркет», г. Тверь (рис. 2, 3, 4). Уже присутствуют на рынке УФ-отверждаемые антикоррозионные

покрытия, грунты, лаки, эмали; декоративные эмали по каталогу RAL; лаки УФ-отверждения с функцией УФ-защиты; эмали и лаки по ПВХ, АБС-пластику, полиуретановым коврам и др.



Рисунок 1 – Установка УФ-окраски оптоволоконного кабеля.
Скорость 1800 м/мин



Рисунок 2 – Линия окраски труб с использованием лака
УФ-отверждения



Рисунок 3 – Установка УФ-отверждения для труб



Рисунок 4 – Труба, покрытая лаком УФ-отверждения «UNIVERSUM-UV» после 240 ч испытания в камере соляного тумана

Несмотря на ряд несомненных преимуществ технологии УФ-отверждения в сравнении с традиционными технологиями покраски водно- и органоразбавляемыми материалами, доля УФ-полимеризующихся материалов в линейке лакокрасочных материалов сравнительно невелика, при этом сегмент отечественного производства ничтожно мал в сравнении с импортом. И это не в последнюю очередь связано с отсутствием квалифицированных кадров, понимающих механизм формирования покрытий, что существенно ограничивает динамику промышленных разработок. Сейчас в большинстве случаев производители получают стартовые рецептуры от поставщиков сырья, но вся значимость процесса создания нового материала заданной функциональности заключается не просто в сложении ингредиентов, а в рецептурных особенностях их составления. Необходимо знать и учитывать при создании оригинальных рецептур влияние химического строения, молекулярной массы, функциональности исходных компонентов на защитные, физико-механические свойства пленок, адгезионную прочность к различным подложкам, и многое другое. И тогда управление этими параметрами даст на выходе инновационный материал с принципиально новыми качественными характеристиками.

Подготовкой кадров в области создания материалов технологией УФ-отверждения, материалов дизайна занимается, в том числе, кафедра кинофотоматериалов и регистрирующих систем Санкт-Петербургского государственного института кино и телевидения. Кафедра является профильной для ряда направлений подготовки: Химическая технология, Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, Техносферная безопасность, и занимается подготовкой квалифицированных кадров для сферы производства, образования и

культуры, являясь выпускающей кафедрой факультета фотографии, дизайна и журналистики.

Кафедра кинофотоматериалов и регистрирующих систем является правопреемницей кафедры материаловедения и технологии функциональных материалов. С момента своего образования (1935 г.) кафедра осуществляла подготовку специалистов для химико-фотографической промышленности, а с 2000-х г.г., в связи с бурным развитием техники и технологий кафедра переориентировала учебный процесс, расширив сферу своей деятельности и включив подготовку специалистов в области создания, внедрения и эксплуатации материалов для регистрации информации (аналоговой и цифровой фотографии, голографии, стереолитографии, альтернативных носителей регистрации информации), а также в области охраны окружающей среды и техносферной безопасности в медиаиндустрии, технологии материалов дизайна и материалов кинопроизводства.

Имея богатый накопленный опыт практических знаний в области химии и физикохимии высокомолекулярных соединений, технологии полимеров, технологии лакокрасочных материалов и покрытий, технологии пластических масс, образовательный процесс осуществляют преподаватели высшей квалификации, 92% которых имеют ученые степени, а 30% преподавателей имеют ученое звание профессор и степени докторов наук.

Научная школа кафедры кинофотоматериалов и регистрирующих систем «Технологии функциональных композитных материалов», возглавляемая профессором, доктором технических наук Олегом Эдуардовичем Бабкиным, внесена в Реестр ведущих научных и научно-педагогических школ Санкт-Петербурга. На кафедре постоянно ведутся научные разработки, проводятся научные семинары по вопросам технологии функциональных материалов, проводятся конференции, в том числе общероссийского и международного уровней с привлечением ведущих специалистов в области технологии материалов, материаловедения, теоретических вопросов химии и физикохимии веществ и соединений. Преподаватели кафедры регулярно публикуют результаты своих исследований в ведущих рецензируемых журналах в России и за рубежом.

Одним из основных направлений научной деятельности на кафедре являются перспективные технологии УФ-отверждающихся материалов различного назначения. За период с 2012 года из одиннадцати выполненных на кафедре и защищенных диссертаций на присуждение ученых степеней кандидатов и докторов наук, четыре – в области

технологий УФ-отверждения, в этой области лежит и большая часть магистерских диссертаций и выпускных квалификационных работ студентов. Объектами исследований являются УФ-полимеризующиеся лаки для антикоррозионной защиты металлоконструкций; технологии двойного УФ-отверждения для влагозащиты печатных плат и узлов радиоэлектронной аппаратуры; УФ-полимеризующиеся системы для копирования дифракционных оптических элементов для защитной голографии; пигментированные УФ-отверждаемые эмали для декоративного дизайна и изготовления сувенирной продукции (рис. 5); УФ-полимеризующиеся композиции для технологий 3D печати и др.



Рисунок 5 – Изделия, окрашенные УФ-отверждаемой эмалью «UNIVERSUM-UV»

Одним из новых перспективных направлений является разработка интумесцентных огнезащитных вспучивающихся покрытий, получаемых по технологии УФ-отверждения. Ведутся разработки по исследованию влияния вида активного разбавителя композиции на коэффициент вспучивания и адгезионную прочность покрытий.

Также интересным направлением кафедры является разработки в области материалов для 3D печати по стереолитическому процессу, с использованием голографических изображений. 3D печать (оперативное прототипирование) используется для изготовления изделий или моделей изделий в различном масштабе в архитектурно-строительном дизайне, в рекламе, при изготовлении ювелирной и сувенирной продукции, в криминалистике, археологии, музееведении, медицине и др. Это одно из перспективных направлений, требующее разработки

новых материалов, в том числе УФ-полимеризующихся под источник излучения с длиной волны 408 нм (рис. 6, 7).



Рисунок 6 – Голографические изображения объектов

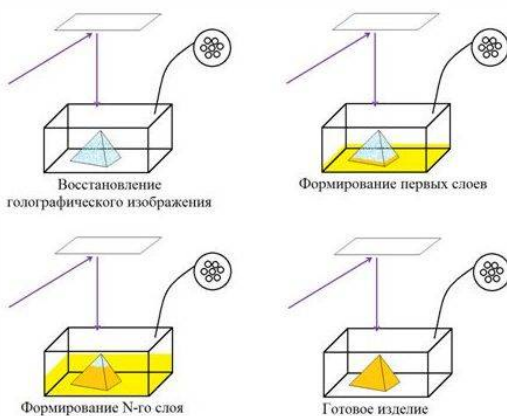


Рисунок 7 – Формирование 3D-изделия в жидкой фотополимерной среде по восстановленному голографическому изображению объекта

Имеются и определенные наработки в области создания пигментированных систем для фотолитографии, что позволяет значительно упростить процесс контроля качества производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.

Также ведутся разработки УФ-полимеризующихся композиций для материалов холодного тиснения фольгой (рис. 8); материалов для покрытий по древесине; УФ-фильтровых материалов для защиты от агрессивного излучения и др. (рис. 9).

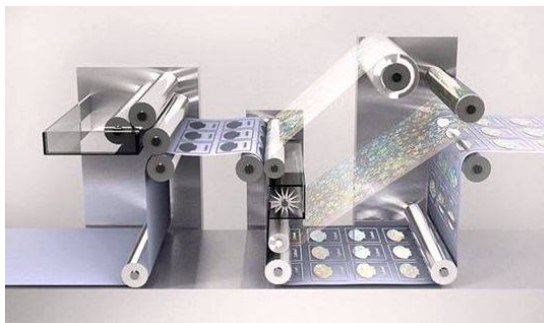


Рисунок 8 – Метод холодного тиснения фольги – процесс нанесения металлизированной фольги на запечатываемый материал с помощью специального УФ-полимеризующегося клея



Рисунок 9 – Области использования УФ-лаков с функцией УФ-защиты

В силу ряда несомненных преимуществ (быстрая скорость отверждения и формирования покрытия (до 0,5 с) с максимальными

защитными и декоративными свойствами, отсутствие выделения растворителей при отверждении, возможность использования термочувствительных подложек (пластмассы, древесина), композиции УФ-отверждения имеют широкую область применения в различных сферах деятельности, и могут быть использованы, при грамотном научном подходе, практически в любой отрасли.

Сохраняя традиции и имея необходимую научную и педагогическую базу, кафедра активно развивается и планирует расширить сферу своей деятельности в область подготовки по творческо-техническому направлению «Материаловедение (отрасль – материалы дизайна и реставрации)», что в полной мере отражает уникальность и специфику кафедры и института, объединяющего в одном образовательном пространстве технические и творческие специальности и направления подготовки.

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ПОЛИАКРИЛАТОВ, АКРИЛОВЫХ И СТИРОЛАКРИЛОВЫХ СОПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Баскаков П.С., аспирант,
Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,
Мальцева К.П., студент**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Полимерные акриловые дисперсии делятся на акриловые и стиролакриловые. Акриловые – дисперсии полимеров, полученных из акриловых или метакриловых мономеров, стиролакриловые – при сополимеризации производных акриловой (метакриловой) кислоты со стиролом. В таблице 1 приведены характеристики мономеров, используемых для получения дисперсий обоих типов [1]. Так как акриловую кислоту и ее производные получают из пропана, метакриловую и ее эфиры – из 2-гидрокси-2-метилпропионитрила, изобутана или изо-бутиральдегида в результате многостадийных процессов, эти мономеры более дороги, чем стирол и винилацетат. Поэтому акриловые сополимеры дороже стиролакриловых и сополимеров винилацетата.

В то же время поли(мет)акрилаты обладают высокой атмосферостойкостью, стойкостью к действию УФ-излучения, хорошей водостойкостью и устойчивостью к пожелтению покрытий на их основе, возможностью легко получать сополимеры с заданной жесткостью, гибкостью и твердостью. Высокий блеск покрытий и его сохранение при длительном атмосферном воздействии в сочетании со стойкостью покрытий к действию щелочей, кислот и воды делает этот класс сополимеров незаменимым в рецептурах ЛКМ для наружного применения.

Структура и свойства акриловых сополимеров

Основные свойства полимеров, такие, как температура стеклования ($T_{ст}$), минимальная температура пленкообразования (МТП) и физико-механические свойства покрытий на их основе, зависят от структуры основной и боковых цепей полимерной макромолекулы.

Растворимость мономера в воде, приведенная в таблице 1, может быть мерой полярности гомополимера: при ее увеличении возрастает полярность образующегося полимера. Свободные кислоты (акриловая и метакриловая) повышают растворимость полимера в воде, особенно в нейтрализованном состоянии. С—С-связь в основной цепи химически

инертна и позволяет получать химически и атмосферостойкие поли(мет)акрилаты. Вследствие низкой прочности связи α -СН-групп, примыкающих к карбонильному центру (С=О), полиакрилаты менее стабильны, чем полиметакрилаты. Гидролитическая устойчивость полиметакрилатов из-за стерических особенностей карбонильного центра, примыкающего к метальной группе, ниже, чем полиакрилатов.

Таблица 1 – Характеристики мономеров, используемых для получения дисперсий

Мономер	Растворимость в воде при 25 °С (г/100 см ³)	T _{ст} , °С
Метилакрилат (МА)	5,2	22
Этилакрилат (ЕА)	1,6	-8
n-Бутилакрилат (n-ВА)	0,15	-43
изо-Бутилакрилат (i-ВА)	0,18	-17
трет-Бутилакрилат (t-ВА)	0,15	55
2-Этилгексилакрилат (2-ЕНА)	0,04	-58
Лаурилкарилат (LА)	<0,001	-17
Метилметакрилат (ММА)	1,5	105
n-Бутилметакрилат (n-ВМА)	0,08	32
изо-Бутилметакрилат (i-ВМА)	0,13	64
Стирол (S)	0,02	107
Акрilonитрил (AN)	8,3	105
Винилацетат (VAc)	2,4—2,5	42

Жесткость полиметакрилатов выше, чем соответствующих полиакрилатов, так как дополнительная метальная группа вызывает стерические затруднения при вращении цепи. Возрастание жесткости вызывает повышение T_{ст} и твердости и снижение гибкости полиметакрилатов. При увеличении длины цепи макромолекулы повышаются T_{ст} полимера (рис. 1), увеличивается твердость и относительное удлинение пленок вследствие возрастания степени кристалличности поли(мет)акрилатов. В таблице 2 приведены деформационно-прочностные свойства пленок поли(мет)акрилатов с различной длиной боковой цепи макромолекулы [2], а в таблице 3 – значения T_{ст} для поли(мет)акрилатов с различными заместителями в боковой цепи [1].

Эмульсионная сополимеризация различных мономеров дает возможность получать полиакриловые дисперсии с различными свойствами.

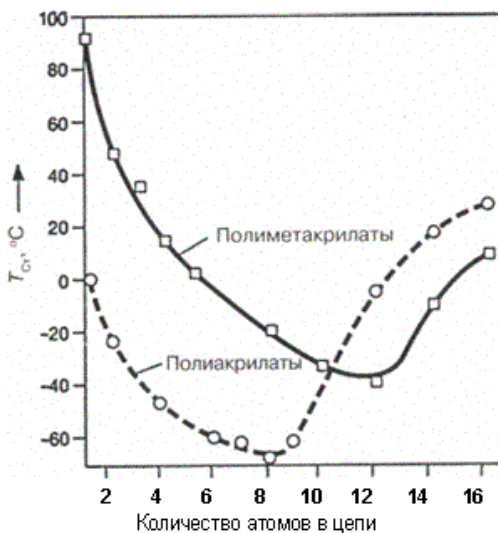


Рисунок 1 – Зависимость $T_{ст}$ от длины боковой цепи макромолекул поли(мет)акрилатов

Температура стеклования получаемых сополимеров может быть приблизительно рассчитана при помощи эмпирического уравнения Фокса:

$$1/T_{ст}(\text{сополимера}) = W_1/T_{ст1} + W_2/T_{ст2} + W_3/T_{ст3},$$

где W_1, W_2, W_3 – массовые доли мономеров, причем $W_1 + W_2 + W_3 = 1$; $T_{ст1}, T_{ст2}, T_{ст3}$ – температуры стеклования гомополимеров, К.

Таблица 2 – Деформационно-прочностные свойства пленок поли(мет)акрилатов с различной длиной боковой цепи макромолекулы

Полимер	Прочность при разрыве, Н/мм ²	Удлинение при разрыве, %
Полиметилметакрилат	68970	1
Полиэтилметакрилат	37240	25
Полибутилметакрилат	3450	300
Полиметилакрилат	6930	750
Полиэтилакрилат	230	1800
Полибутилакрилат	20	2000

Таблица 3 – Значения $T_{ст}$ для поли(мет)акрилатов с различными заместителями в боковой цепи

Заместитель	Значение, $T_{ст}$, С	
	Акрилат	Метакрилат
n-Бутил	-43	32
n-Бутил	-17	64
трет-Бутил	55	102

Для ЛКМ обычно используют продукты, полученные при сополимеризации «мягких» мономеров с низким значением $T_{ст}$ (бутил- и этилгексилакрилат) с «твердыми» мономерами с высокой $T_{ст}$ (бутил- и метилметакрилат). Такое сочетание позволяет получать сополимеры с $T_{ст}$ 0–40 °С.

Как отмечалось выше, производные метакриловой кислоты достаточно дороги. Стоимость пленкообразователей, а в конечном итоге ЛКМ может быть снижена, а их свойства оптимизированы при частичной или полной замене метилметакрилата, который обычно используют для достижения необходимой твердости, на стирол.

Получение сополимеров акрилатов со стиролом возможно благодаря способности этих мономеров легко сополимеризоваться с акрилатами и почти одинаковой температуре стеклования гомополимеров. Использование неполярного мономера стирола взамен метилметакрилата приводит к улучшению водо- и щелочестойкости получаемых сополимеров, увеличению сродства к пигменту и повышению блеска покрытий. Однако высокое содержание стирола может быть причиной снижения атмосферостойкости, что проявляется в мелении, потере блеска и пожелтении покрытия. В таблице 4 качественно охарактеризованы свойства сополимеров, содержащих либо метилметакрилат, либо стирол [3].

При сравнении свойств полиакрилатов с поливиниловыми эфирами следует отметить, что первые образуют более гидрофобные, устойчивые к действию воды и омылению покрытия с более высокой атмосферостойкостью. Благодаря более высокому коэффициенту преломления и однородности акриловых дисперсий блеск покрытий на их основе выше, чем при использовании поливинилацетата.

Чистые акрилаты применяют в основном для получения ЛКМ для наружной отделки, производства лаков, пропиточных составов, красок для глянцевых и полуглянцевых покрытий для внутренних работ, т.е. в материалах с низким содержанием пигментов и наполнителей или не содержащих их совсем.

Таблица 4 – Качественная характеристика свойств сополимеров

Показатель	Мономер	
	Стирол	Метилметакрилат
Твердость	++	++
Светостойкость	+/- до –	++
Водостойкость	++	+/-
Паропроницаемость	+/- до –	+
Меление	+/- до –	++
Грязеустойчивость	++	+
Стойкость к омылению	++	+ до +/-
Пигментоёмкость	++	+/-
Блеск покрытия	++	+
Цена	+	–

«+» – очень хорошо; «+» – хорошо; «+/-» – удовлетворительно; «–» – неудовлетворительно

Стиролакриловые дисперсии вследствие благоприятного соотношения цена/качество практически универсальны. Их использование следует ограничивать в рецептурах лаков, пропиточных составов и ЛКМ с небольшим содержанием пигментов.

Библиографический список:

1. Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry, 2007. V. A1, E.
2. Swaraj P. Water-borne acrylic emulsion paints, Progr. in Coat. 1977. № 5; Surf, coat., science & techonol., 2nd Ed., John Wiley and Sons. 1960.
3. Schwartz M. Waterbased Acrylates for Decorative Coatings. Hannover Vincentz Verlag, 2001.
4. Ли Яхо, Джан Боаде, Огрель Л.Ю., Строкова В.В. Наследование олигомерами и полимерами нанодисперсных и нанокристаллических структур неорганических наполнителей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 1. С. 6–9.

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ БАББИТОВ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

**Бешевли О.Б., аспирант,
Дуюн Т.А. д-р техн. наук, доцент**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Баббиты широко применяются в качестве антифрикционного материала опор подшипников скольжения. Баббиты – легкоплавкие антифрикционные сплавы на основе олова или свинца. В состав баббитов вводятся также легирующие элементы, улучшающие некоторые их свойства. В частности, медь увеличивает твердость, никель – вязкость и износостойкость, кадмий – прочность и коррозионную стойкость, сурьма – прочность сплава.

По антифрикционным свойствам баббиты превосходят все остальные сплавы, что обеспечивается их неоднородной структурой. Структура оловянных баббитов состоит из мягкой основы (раствора сурьмы в олове) и равномерно распределенных в ней твердых частиц химического соединения SnSb. Таким образом, сурьма упрочняет мягкую основу баббитов и создает включения высокой твердости. Добавка меди дополнительно увеличивает твердость оловянных баббитов за счет образования твердых включений Cu₃Sn. Незначительные добавки кадмия и никеля уменьшают размеры зерен. Структура этих сплавов состоит из твердого раствора сурьмы в олове (мягкая фаза) и твердых включений химических соединений SnSb и Cu₃Sn [5].

В процессе эксплуатации подшипников скольжения при вращении вал опирается на твердые частицы, обеспечивающие износостойкость и способность воспринимать сравнительно высокие удельные давления, а мягкая основа, изнашиваясь быстрее, прирабатывается к валу и образует сеть каналов (микрорельеф), удерживающих смазочный материал [5]. Кроме того, гетерогенная структура, состоящая из мягкой легкоприрабатывающейся основы и твердых включений, способствует удержанию пленки смазки, что снижает коэффициент трения.

В зависимости от химического состава устанавливаются марки баббитов Б83, Б88 на оловянной основе и Б16, БН, БС16 на свинцовой основе. Оловянные баббиты используют главным образом для подшипников ответственного назначения. Из-за хорошей теплопроводности граничный слой смазочного материала на этих сплавах сохраняется при высоких скоростях скольжения и нагрузках,

чем и обеспечивается надежность работы подшипниковых узлов. По сравнению с баббитами на основе свинца износ оловянных баббитов в два раза меньше. Однако при повышении температуры в рабочей зоне свыше 70 °С наблюдается резкое падение износостойкости баббитовых подшипников.

Свинцовые баббиты применяют в менее ответственных случаях, так как они уступают оловянным баббитам по механическим и антифрикционным свойствам, а также и по коррозионной стойкости. Для предотвращения ликвации (неравномерности химического состава по объему слитка) при литье из-за различия плотности олова, свинца и сурьмы в свинцовые баббиты вводят добавки меди.

Все баббиты имеют существенный недостаток – низкое сопротивление усталости, что ухудшает работоспособность подшипника. Из-за небольшой прочности баббиты могут успешно эксплуатироваться только в подшипниках, имеющих прочный стальной (чугунный) или бронзовый корпус.

Гетерогенное микростроение сплавов типа Б83 с крупными твердыми кубическими кристаллами химического соединения SnSb (β -фазы) не способствует удовлетворительной сопротивляемости усталостным повреждениям под действием циклических нагрузок в тонкослойных подшипниках (толщина слоя менее 1 мм). В отдельных локальных объемах кристаллов β -фазы накапливается пластическая деформация, и в слое баббита возникают остаточные напряжения. В тонком слое внедрение в пластичную основу кристаллов твердой составляющей, принимающей на себя нагрузку, затруднительно. Размеры таких кристаллов нередко соизмеримы с толщиной слоя (достигают нескольких десятых мм). Слой мягкой пластичной основы под кристаллами твердой составляющей приобретает способность больше сопротивляться пластической деформации за счет влияния подложки (корпуса цапфы). На отдельных участках скопления хрупких кристаллов β -фазы возникает вероятность непосредственной передачи давления через эти кристаллы от шейки вала на корпус подшипника. В таких условиях β -фаза оказывается слабым участком, по кристаллам SnSb развиваются трещины. Эти микроскопические повреждения при дальнейших циклических нагружениях являются очагами развития усталостных трещин [3].

Баббит Б16 применяют для вкладышей подшипников таких агрегатов как мельницы самоизмельчения, сушильные барабаны, бутары, трубные мельницы и другие крупногабаритные агрегаты, используемые в горнорудной промышленности.

Способы обработки оловянных и свинцовых баббитов различны. Свинцовые баббиты подвергаются таким видам обработки как фрезерование, точение вследствие своей хрупкости. Оловянные баббиты подвергают только тем видам обработки, где минимален нагрев инструмента и заготовки, это точение и шабрение. При обработке свинцовых баббитов не происходит налипания материала на инструмент, что позволяет проводить обработку на повышенных, по сравнению с оловянными баббитами, скоростях и применять фрезерную обработку.

Механическая обработка баббита связана с такими явлениями как оплавление и наростообразование. Оплавление возникает в случаях, когда температура в зоне резания превышает температуру плавления баббита. Обеспечение допустимой температуры в зоне резания является особенно важной задачей, так как исходя из физико-механических свойств уже при 240 °С баббиты размягчаются, интенсифицируется наростообразование и процесс резания существенно усложняется.

При фрезеровании баббитов на фрезе образуются постоянно изменяющиеся в размерах наросты обработанного материала, которые создают нестабильную геометрию режущей части инструмента и, участвуя в процессе формообразования обработанной поверхности, негативно сказываются на формировании качества обрабатываемой поверхности, что недопустимо с точки зрения обеспечения функционального назначения поверхности скольжения.

Для выявления взаимосвязи режимов обработки с температурой в зоне резания были проведены экспериментальные исследования при фрезеровании оловянного и свинцового баббитов марок Б83 и Б16. При проведении эксперимента использовалось следующее оборудование и контрольно-измерительный инструмент: широкоуниверсальный фрезерный станок 675, профилометр TIME TR100, пирометр инфракрасный «ADA TemPro 550».

В качестве исследуемых режимов резания были выбраны предположительно оказывающие наибольшее влияние: скорость резания, подача режущего инструмента, глубина резания [2]. Выбор данных факторов обоснован следующими соображениями: скорость резания обуславливает условия теплообмена в зоне резания, подача режущего инструмента и глубина резания формируют сечение среза, а, следовательно, мощность и температуру резания.

Приняты следующие интервалы варьирования режимов резания: скорость резания 63–126 м/мин, подача режущего инструмента 0,935–3,71 мм/об, глубина резания 0,5–3 мм. При изменении одного из

параметров два других остаются постоянными: скорость резания 78 м/мин, подача режущего инструмента 1,25 мм/об, глубина резания 2 мм. Результаты проведенных серий экспериментов по измерению температуры резания представлены в таблице 1–3.

Таблица 1 – Зависимость температуры в зоне резания от скорости резания

№	1	2	3	4	5	6
V , м/мин	63	78	94,2	100	117,75	126
$T1$, °С (Б-83)	174	189	203	207	221	226
$T2$, °С (Б-16)	37	40	43	44	46	47

Таблица 2 – Зависимость температуры в зоне резания от подачи

№	1	2	3	4	5	6
S , мм/об	0,935	1,17	1,87	2,33	2,92	3,71
$T1$, °С (Б-83)	178	188	212	224	237	252
$T2$, °С (Б-16)	28	29	33	35	37	39

Таблица 3 – Зависимость температуры в зоне резания от глубины резания

№	1	2	3	4	5	6
t , мм	0,5	1	1,5	2	2,5	3
$T1$, °С (Б-83)	163	176	187	197	205	211
$T2$, °С (Б-16)	28	30	31	32	33	34

Полученные результаты показывают, что значения температуры в зоне резания для этих марок баббитов имеют существенные отличия.

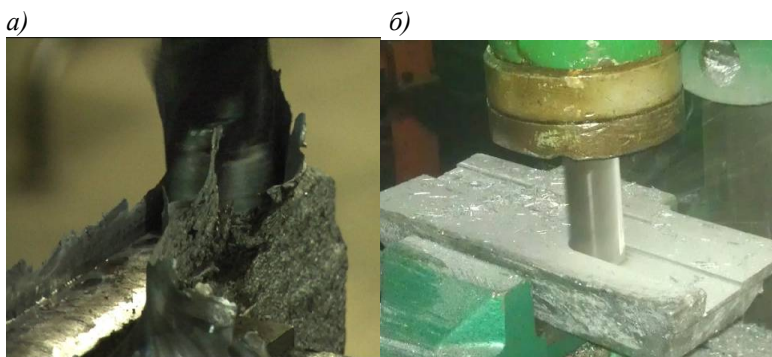


Рисунок 1 – Процесс фрезерования баббитов: а – Б-83, б – Б-16

Фрезерование баббита Б16 протекает при достаточно низких температурах, лежащих в интервале 28–47 °С, поэтому процессы наростообразования практически не наблюдаются. Фрезерование баббита Б83 протекает при достаточно высоких температурах, лежащих в интервале 174–256 °С.

При определенных сочетаниях режимов резания температура превышает критическое значение, в частности: при подаче режущего инструмента свыше 2 мм/об. Процессы наростообразования протекают весьма интенсивно. На рисунке 1 представлены фрагменты фрезерования баббитов Б16 и Б83. На рисунке 2–4 представлены графические зависимости влияния исследуемых параметров режимов резания на температуру в зоне резания, интерполированные с использованием канонического полинома [1].

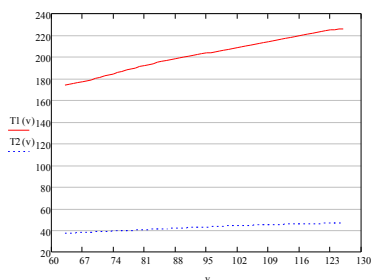


Рисунок 2 – Зависимость температуры в зоне резания от скорости резания при $s = 1,25$ мм/об, $t = 2$ мм

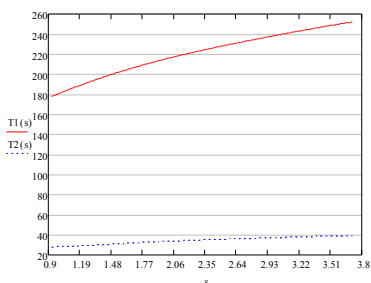


Рисунок 3 – Зависимость температуры резания от подачи при $v = 78$ м/мин, $t = 2$ мм

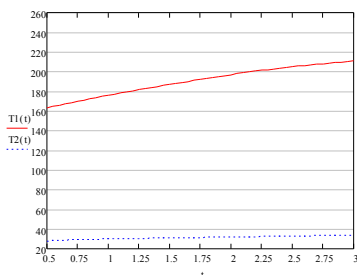


Рисунок 4 – Зависимость температуры резания от глубины резания при $v = 78$ м/мин, $s = 1,25$ мм/об

Анализируя графические зависимости рисунка 2–4 можно сделать вывод, что увеличение скорости резания, подачи инструмента и глубины резания увеличивает температуру в зоне резания, что соответствует традиционным представлениям [4]. Наибольшее влияние оказывают скорость резания и подача [2]. Все зависимости близки к линейным.

Проведенные экспериментальные исследования позволили выявить характер влияния технологических параметров при фрезеровании баббитов на температуру в зоне резания, что дает возможность обоснованно назначать технологические режимы для обеспечения благоприятных условий формообразования и требуемого качества поверхности.

Библиографический список:

1. Дуюн Т.А. Моделирование тепловых деформаций с целью обеспечения точности механической обработки // Вестник Брянского государственного технического университета. 2009. № 2. С. 17–23.
2. Кувшинский В.В. Фрезерование. М.: Машиностроение, 1977. 240 с.
3. Неумоина Н.Г., Белов А.В. Тепловые процессы в технологической системе резания: учеб. пособие. Волгоград: ВолгГТУ, 2006. 84 с.
4. Резников А.Н. Теплообмен при резании и охлаждение инструментов. М.: Машгиз, 1963. 199 с.
5. Щербаков С.В., Рогачев А.А., Ярмоленко М.А. Цветные металлы и сплавы: учеб.-метод. пособие. Гомель: БелГУТ, 2009. 86 с.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ШЕСТЕРНИ

¹Блинова Т.А., канд. техн. наук, доц.,

²Сюсюка Е.Н., канд. техн. наук, доц.

*¹Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

*²Новороссийский филиал Белгородского государственного
технологического университета им. В.Г. Шухова*

В условиях рыночной экономики важной задачей машиностроения является производство продукции высокого качества и долговечности при минимальной себестоимости. Эксплуатационные свойства (усталостная прочность, контактная прочность, износостойкость и др.) характеризующие долговечность и надежность работы различных машин, в значительной степени зависят от исходного материала и параметров качества поверхностного слоя (твердости HV_0 , шероховатости, остаточных напряжений), которые задаются при проектировании и формируются различными технологическими способами обработки [2].

Как правило физико-химические свойства поверхностного слоя, не находя отражения в чертежах и крайне редко определяются в условиях производства. Однако обеспечение высоких физико-механических свойств поверхностного слоя стальных изделий, работающих в условиях больших контактных нагрузок, интенсивного износа в широком диапазоне температур необходимо для повышения ресурса работы и надежности самих изделий. К таким изделиям относится зубчатая шестерня 46-19-186 редуктора бортового трактора Т-330.

Металлографические исследования шлифов рабочей поверхности шестерни показали, что для упрочнения поверхности изделия можно использовать разные методы обработки, но для практического применения наиболее приемлемым является использование изделия с поверхностью после ТВЧ закалки и резания. Так изменения структуры по глубине от рабочей поверхности образца после ТВЧ закалки, шлифования и дробленаклепа следующие: мартенсит (5–6 баллов), тростосорбит, тростосорбит + участки феррита, сорбит + участки феррита. Изменения структуры по глубине от рабочей поверхности образца после ТВЧ закалки и резания: мартенсит (6–7 баллов), мартенсит (5–6 баллов), сорбит, тростосорбит + участки феррита, сорбит + участки феррита [3].

Обработка резанием, шлифование, полирование и ряд других

технологических операций деформируют поверхностный слой, загрязняют его примесями и другими инородными включениями. Под действием нагрузок и температур в поверхностном слое обрабатываемого материала образуются пластически деформированные кристаллы, создается наклеп. Следствием наклепа поверхностного слоя являются остаточные напряжения, возникающие при изменении соседних зон металла поверхностного слоя в связи с различной степенью их пластической деформации. Остаточные напряжения также возникают при температурных воздействиях, структурных и химических превращениях в поверхностном слое.

Научный интерес представляет исследование напряженного состояния по глубине от упрочняемой поверхности зубьев шестерни, прошедших шлифовку и чистовое точение (резание) с использованием сверхтвердых материалов и керамики, с целью выяснения: глубины упрочненного слоя (наклепа); микроструктурных изменений поверхностного слоя; формирования напряженных состояний на поверхности и в приповерхностных слоях. Оба способа обработки необходимо проводить с использованием оптимальных режимов, которые достигаются выбором скорости резанья, подачи, применения смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) [1].

Исследование напряженного состояния и тонкой структуры проводилось послойно от поверхности до глубины 0,4 мм на дифрактометре «Дрон-2». В процессе исследований определялись остаточные макро- (σ_ϕ) и микронапряжения, а также размеры областей когерентного рассеяния (D) на поверхностях образцов и их распределение в приповерхностном слое. Проводился также фазовый анализ и определялось наличие остаточного аустенита в поверхностном слое. С образцов последовательно удалялись слои металла методом электролитического травления в электролите следующего состава: ортофосфорная кислота – 520 мл; серная кислота – 57 мл; вода – 90 мл; хромовый ангидрид (CrO_3) – 60 гр. Размеры установки для электрополирования вызвали необходимость порезки зубьев (длина зубчатого венца шестерни 46-19-186 составляет 74 мм).

Режимы электрополирования определялись экспериментально. Учет глубины снимаемых слоев проводился методом взвешивания по формуле

$$h = \frac{\Delta m}{\rho \cdot S},$$

где h – глубина снимаемого слоя;

Δm – изменение массы образца до и после электрополирования;

S – площадь снимаемого участка (остальная поверхность образца тщательно изолировалась);

ρ – плотность железа.

Графики изменения остаточных напряжений (σ_{ϕ}), размеры областей когерентного рассеяния (D), микронапряжений ($\frac{\Delta \sigma}{a}$) на поверхностях

образцов и их распределение в приповерхностном слое представлены на рисунках 1–3.

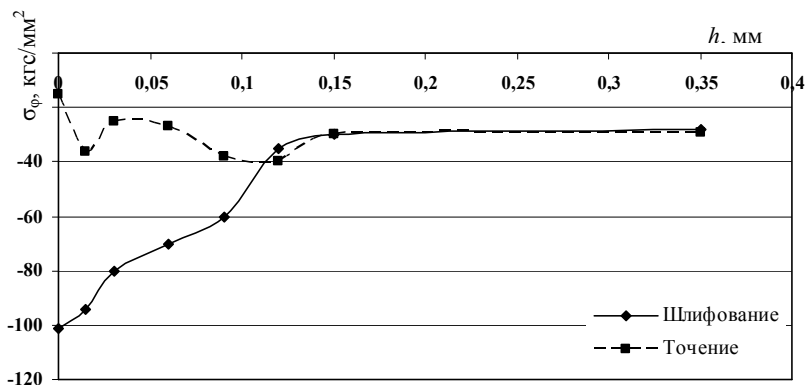


Рисунок 1 – Графики изменения остаточных напряжений поверхностного слоя после серийной обработки (шлифование) и после чистового точения

Результаты исследований поверхности и поверхностных слоев после окончательной серийной обработки – шлифования и дробенаклепа показали следующее: максимальное значение остаточных напряжений $\sigma_{\phi} = 101$ кгс/мм² наблюдается на поверхности зубьев шестерни. Этот уровень далее понижается до значений 30–40 кгс/мм², больше уже существенно не меняется.

После чистового точения уровень сжимающих напряжений на поверхности образца значительно ниже и составляет 15 кгс/мм². Максимальное значение $\sigma_{\phi} = 35$ –40 кгс/мм² достигает на глубинах 0,1–0,15 мм. Далее, уровень напряжений снижается до 30 кгс/мм² (рис. 1).

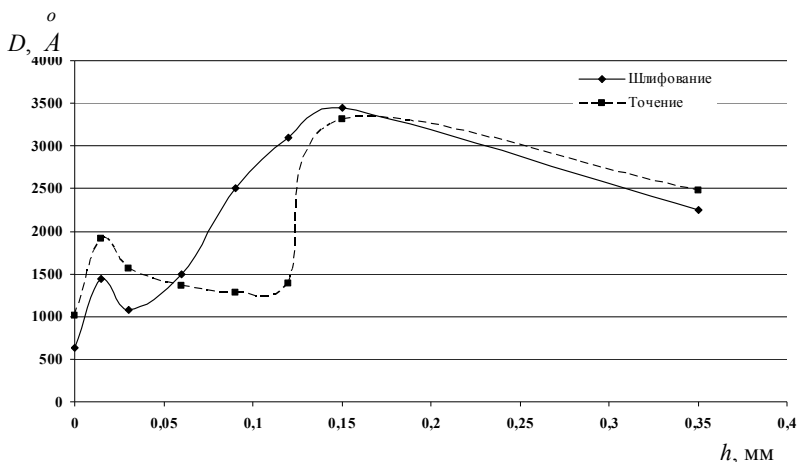


Рисунок 2 – Графики изменения размеров областей когерентного рассеяния поверхностного слоя после серийной обработки (шлифование) и после чистового точения

Размеры блоков когерентного рассеяния после шлифования увеличиваются от значений 650–700 Å на глубине 150 мк, далее размеры блоков монотонно уменьшаются до значений порядка 2300 Å .

Размеры блоков когерентного рассеяния после точения в интервале глубин 0–150 мк увеличиваются от значений порядка 1000 Å до 3300 Å , затем монотонно уменьшаются (рис. 2).

Микронапряжения после шлифования изменяются от значений $1,0 \cdot 10^{-3}$ на поверхности образца до $2,2 \cdot 10^{-3}$ на глубине 150 мк, далее уровень $\frac{\Delta a}{a}$ остается приблизительно таким же.

После чистового точения микронапряжений на поверхности образца намного больше, чем после шлифования – $1,60$ – $1,70 \cdot 10^{-3}$. Они достигают максимума ($2,40 \cdot 10^{-3}$) на глубине 150 мк и больше не изменяются (рис. 3).

$$\frac{\Delta a}{a} \cdot 10^{-3}$$

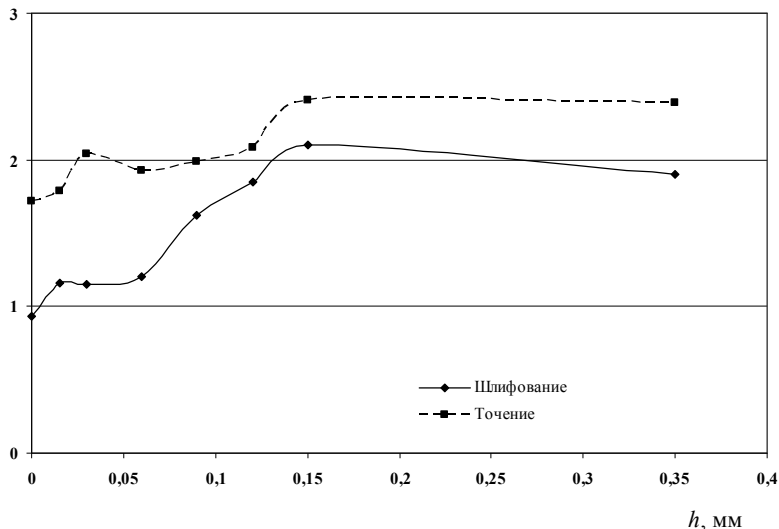


Рисунок 3 – Графики изменения микронапряжений поверхностного слоя после серийной обработки (шлифование) и после чистового точения

Результаты исследований показывают, что уровень остаточных напряжений на поверхности образца, по сравнению с серийной обработкой, после чистового точения недостаточен. Нужно отметить, что шлифование рабочей поверхности зубьев шестерен производится с подачей СОЖ, а чистовое точение опробовано без применения СОЖ ввиду неэффективного её использования по серийной схеме. Для применения СОЖ при резании необходима реконструкция установок. Поэтому при точении в большей степени сказывается влияние теплового фактора в тонком поверхностном слое, чем при шлифовании. Следует отметить положительное влияние дробенаклепа по впадинам. Это необходимый процесс для упрочнения впадин зубьев, и, кроме того, при такой обработке воздействию дробенаклепа в какой-то мере подвергается рабочая поверхность зубьев.

Для улучшения конструктивного качества окончательной механообработки чистовым точением необходимо периодически

осуществлять контроль уровня σ_{ϕ} на поверхностном слое шестерни используя рентгеноструктурный метод.

Проведенные исследования выявили полное отсутствие остаточного аустенита на поверхности образцов. Это значит, что нагрев поверхностного слоя не влечет за собой фазовых изменений.

Библиографический список:

1. Балтер М.А. Упрочнение деталей машин. М.: Машиностроение, 1978. 184 с.

2. Елизаветин М.А. Повышение надежности машин. М.: Машиностроение, 1973. 432 с.

3. Сюсюка Е.Н., Блинова Т.А. Исследование зависимости структуры рабочей поверхности шестерни от способов обработки // Научное обозрение. 2014. № 10. Ч. 1. С. 50–53.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ

Бондаренко Д.О., аспирант,

Рыкунов А.М., магистрант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В процессе строительства гражданских и промышленных зданий проблема теплоизоляции фасадов остается весьма актуальной на протяжении многих десятков лет. Теплоизоляция должна надежно и качественно обеспечивать высокий уровень термостойкости, сопротивлению влаги и защите стен от механических повреждений. Теплоизоляционный материал также не должен поддерживать горение и выделять вредные вещества.

В настоящее время существует большое количество различных видов утепления, используется огромное количество традиционных теплоизоляционных технологий и материалов российских и зарубежных производителей, таких как минеральная вата, стекловолокно, пенопласт, пенополистирол и т.д. [1–4].

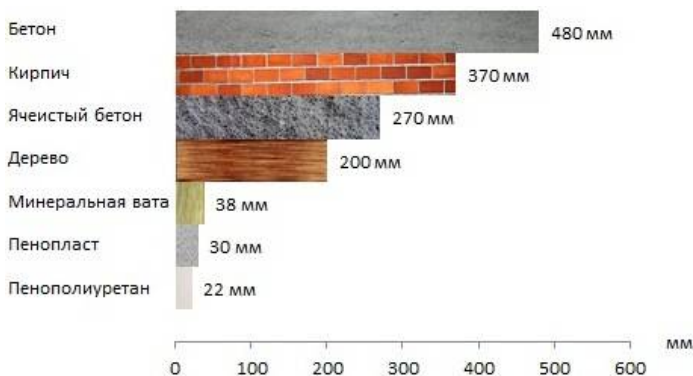


Рисунок 1 – Сравнение толщин различных материалов при одинаковом сопротивлении теплопередаче

На сегодняшний день новейшей разработкой в сфере решения проблем энергосбережения являются жидкие керамические теплоизоляционные покрытия. Впервые теплоизоляционный материал был разработан в США в начале 1970-х гг. В его состав входили

вакуумированные стеклянные микросферы и полимерное связующее [5, 6].

Современный рынок представлен большим ассортиментом российских производителей: Изоллат, Актерм, Корунд, TLM Ceramic, RE-THERM, Альфатек, TSM Ceramic, Астратек, Броня «Антикор», и производителей стран ближнего зарубежья: Теплометт, TCM Керамический, Керамоизол, КТЖ ТСС, LicCeramic, Термосилат, Акварелла TM-150, Синтего-ТК, ТЗ–200, Тезолат и др.

Во всех материалах в качестве связующего используется латекс, акрил или другие различные полимеры, в качестве наполнителя – стеклянные и керамические микрошарики. Наполнители могут различаться по структуре, однородности фракций и соотношению разнородных составляющих компонентов и их размеру. Также, в зависимости от области применения, в составе теплоизоляционного покрытия содержатся специальные добавки и пигменты [6].

Керамические микросферы имеют большую отражательную способность, кроме того, внутри микрошариков заключен разреженный воздух, который ограничивает действие теплового излучения и конвекции. Так как содержание микросфер в теплоизоляционном материале варьируется в пределах 70–85 %, это позволяет им отражать и рассеивать тепло как снаружи, так и изнутри.

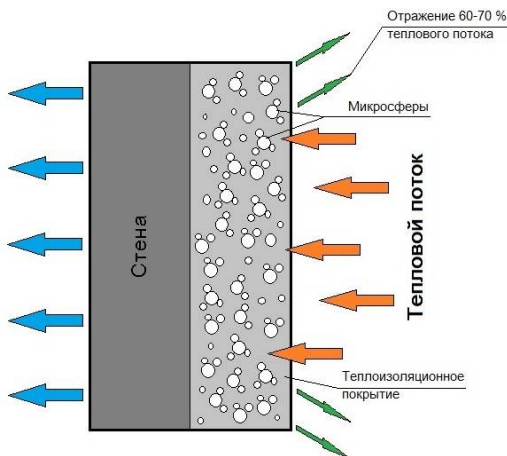


Рисунок 2 – Принцип действия жидких керамических теплоизоляционных покрытий

Ниже представлена общая сводная таблица технических характеристик жидких теплоизоляционных покрытий различных производителей.

Таблица 1 – Основные технические характеристики жидких теплоизоляционных покрытий

Наименование показателя	Величина
Цвет пленки	Белый (в зависимости от требований различной цветовой гаммы)
Внешний вид покрытия	Матовая, ровная, однородная
Теплопроводность, Вт/м·°С	0,001 – 0,0025
Теплоотдача, Вт/м·°С	1,3 – 4,2
Эластичность пленки при изгибе, мм	1 – 1,4
Водопоглощение за 24 часа, %	0,5 – 3
Паропроницаемость, мг/м·ч·Па	0,01 – 0,04
Стойкость покрытия к воздействию перепада температур от – 40 °С до + 60 °С	Без изменения
Адгезия покрытия по силе отрыва, МПа:	
– к бетонной поверхности	1,12 – 1,53
– к кирпичной поверхности	1,89 – 2,21
– к стали	1,1 – 1,64

Жидкая теплоизоляция представляет собой жидкую композицию, которая хорошо наносится на все виды поверхности и после высыхания образует эластичное покрытие. Образовавшееся покрытие обладает высокими эксплуатационными характеристиками, за счет чего ряд производителей заявляет, что 2 мм покрытия заменяют 50 мм минеральной ваты.

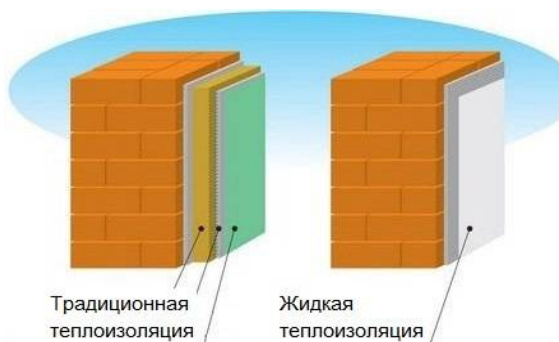


Рисунок 3 – Сравнение толщин разных видов теплоизоляции

С уверенностью говорить, что тонкие теплоизоляционные покрытия могут заменить классические утеплители пока говорить не приходится, но комплексное использование жидкой теплоизоляции с другими утеплителями позволит обеспечить достаточно эффективную защиту.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 14-43-08020.

Библиографический список:

1. Баранов Е.В., Шелковникова Т.И., Дудина Н.В. Исследование конъюнктуры рынка и конкурентоспособности теплоизоляционных материалов на примере минераловатных плит и пенополистирола // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 49–53.

2. Рынок теплоизоляции: точка зрения ведущих компаний // Кровля. Фасады. Изоляция. 2007. № 4. С. 56–61.

3. Кузякина М.Г. Российский рынок теплоизоляции // Стройпрофиль. 2008. № 6 (68). С. 112–114.

4. Кузякина М.Г. Российский рынок теплоизоляции в новых экономических условиях // Стройпрофиль. 2009. № 6 (76). С. 56–59.

5. Астахов Д.Н. Результаты исследований зависимости эффекта применения «жидких теплоизолирующих покрытий» на основе полых микросфер от оптических свойств подложки и дополнительного поверхностного слоя [Электронный ресурс]. URL: <http://www.energsovet.ru/stat703.html>.

6. История создания жидкой теплоизоляции [Электронный ресурс]. URL: <http://stk-razvitie.blizko.ru/articles/67478>.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ

**Боцман А.Н., аспирант,
Ищенко А.В., аспирант,
Захаров С.А., магистрант,
Челядник М.С., магистрант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Многие отходы промышленности и городского хозяйства, представляющие большой практический интерес, остаются недостаточно востребованными по разным причинам. В этом плане популяризация возможных направлений применения отходов и достигаемого при этом эффекта имеет важное значение.

В настоящее время на предприятиях горнодобывающей, металлургической, химической, деревообрабатывающей, энергетической, строительных материалов и других отраслей промышленности Российской Федерации ежегодно образуется огромное количество отходов. Используется же лишь небольшая часть от общего объема. В связи с этим в отвалах и шламохранилищах страны накоплено около 80 млрд. тонн только твердых отходов. Под полигоны для их хранения ежегодно отчуждается около 10 тыс. га пригодных для сельского хозяйства земель [1].

По данным академика И.В. Петрянова, из всего добываемого в мире минерального сырья в общественный продукт используется только 2 %, а остальные 98 % в измененном состоянии не применяются в деле и выбрасываются в виде отходов. Большая номенклатура отходов, образующихся на предприятиях различных отраслей экономики, затрудняет их классификацию, учет, сбор и переработку [2]. Вследствие многих причин в настоящее время в России, и за рубежом отсутствует общепринятая научная классификация твердых отходов промышленности, охватывающая все их виды и формы. Существующие классификации твердых отходов весьма многообразные, но односторонние.

Сложный физико-химический состав и структура отходов ряда промышленных производств позволяют рассматривать их как реальную сырьевую базу промышленности строительных материалов, в том числе производства вяжущих веществ.

Многочисленными исследованиями и практическим внедрением доказана возможность производить обычный портландцемент,

шлакопортландцемент, жидкое стекло, силикатные, шлако- и золощелочные вяжущие вещества, используя шлаки черной и цветной металлургии, золы ТЭЦ, микрокремнезем, белитовые шламы и другие многотоннажные отходы промышленности.

Для получения портландцементного клинкера необходимого минералогического состава в качестве сырьевой смеси используют шлаки черной и цветной металлургии, бокситовые шламы, топливные золы и некоторые другие отходы промышленности, содержащие CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 . Однако в ряде случаев содержание элементов в отходах бывает недостаточно стабильным, и в нем недостает некоторых компонентов для полного обеспечения расчетного состава. В таких случаях, приняв за основу химический состав техногенного сырья, производят расчет недостающих компонентов (оксидов) и определяют количественный состав добавок и возможность обогащения сырья природными материалами или какими-либо побочными продуктами в виде корректирующей добавки [3].

При производстве безобжиговых вяжущих веществ, таких как шлакопортландцемент в качестве шлакового компонента используют гранулированный доменный или электротермофосфорный шлаки, содержание которых согласно требованиям ГОСТ допускается от 20 до 60 % от массы вяжущего. Шлакопортландцемент применяется в основном в тех же областях строительства, где используется обычный портландцемент. Вследствие пониженного тепловыделения его предпочитают цементу при изготовлении бетонов для массивных сооружений и в гидротехническом строительстве. Шлакопортландцемент широко применяют при производстве сборных бетонных и железобетонных конструкций, изготавливаемых с использованием тепловлажностной обработки [4].

Другой разновидностью безобжигового вяжущего является шлакощелочное вяжущее, состоящее из алюмосиликатного и щелочного компонентов. Алюмосиликатный компонент этих вяжущих может быть представлен различными шлаками: доменными, электротермофосфорными, сталеплавильными, шлаками цветной металлургии, белитовыми шламами и другие. В качестве щелочного компонента могут быть использованы любые соединения щелочных металлов, способных создавать в воде щелочную среду. Такими соединениями являются едкие щелочи (натр едкий технический, гидрат оксид калия технический), несиликатные соли слабых кислот (сода кальцинированная техническая из нефелинового сырья, калий углекислый технический, натрий фтористый), силикатные соли и

растворимые стекла с силикатным модулем от 0,5 до 3 (растворимый и кремнекислый силикаты натрия), отвечающие требованиям соответствующих нормативных документов. Изделия и конструкции из шлакощелочного бетона эксплуатируются в основном в сложных условиях при воздействии постоянных и переменных нагрузок и агрессивных сред [15].

Также хотелось отметить вяжущие вещества автоклавного твердения, к которым относятся: известково-кварцевое вяжущее, нефелиновые вяжущие, смешанные шлаковые вяжущие вещества, сланцезольные вяжущие вещества, вяжущее на основе стеклобоя и др.

Для выпуска нефелиновых вяжущих веществ автоклавного твердения используются промышленные отходы глиноземного производства – нефелиновые шламы, содержащие $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (до 85 %), и добавки – активаторы твердения.

Свойства нефелинового шлама позволяют рассматривать его как сырьё для производства обжигового портландцемента, а также как исходный материал для безобжигового вяжущего. В качестве активаторов применяются известь, гипс и портландцемент. Нефелиновый шлам представляет собой тонкодисперсную массу с влажностью до 30 %. После высушивания и помола шлам при затворении его водой обладает способностью схватываться и твердеть. Однако в естественном состоянии является медленноотвердеющим воздушным вяжущим веществом.

При введении в нефелиновый шлам небольшого количества добавок-активаторов (5...15 %) резко сокращаются сроки его схватывания и в несколько раз возрастает прочность на воздухе, во влажных условиях и при автоклавной обработке, что позволяет рассматривать этот шлам с добавками как самостоятельное гидравлическое вяжущее вещество.

Высокие прочностные показатели вяжущих веществ на основе нефелиновых шламов объясняются тем, что в процессе автоклавной обработки двухкальциевый силикат при взаимодействии как с известьсодержащими активаторами, так и с добавками, содержащими кремнезем, образует менее основные, более устойчивые гидросиликаты кальция, формирующие прочную структуру искусственного камня.

Таким образом, нефелиновый шлам является ценным сырьем для производства большой группы вяжущих веществ автоклавного твердения, пригодных для изготовления строительных изделий различного назначения.

Накопленный научный и практический опыт использования отходов промышленности в России и за рубежом позволяет расценивать их как ценное сырье для производства строительных материалов. Сегодня имеются глубокие теоретические исследования в области шламовых, шлаковых и зольных отходов, отходов горнодобычи и переработки, отходов древесины и т.д. Как показывает практика, из отходов или из отходов в комбинации с природным минеральным сырьем могут быть изготовлены практически все основные строительные материалы.

Библиографический список:

1. Крючкова Л.Я., Иванков С.И. Техногенное минеральное сырье России и направления его использования // Ресурсосберегающие технологии. 1995. № 20. С. 2–34.
2. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2007. 368 с
3. Русина В.В. Минеральные вяжущие вещества на основе многотоннажных промышленных отходов: учебное пособие. Братск: БрГУ, 2007. 224 с.
4. Сулейманова Л.А., Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Сопин Д.М. Высококачественные бетоны на техногенном сырье для ответственных изделий и конструкций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 4. С. 34–37.
5. Лесовик В.С., Агеева М.С., Иванов А.В. Гранулированные шлаки в производстве композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 29–32.
6. Лесовик Р.В., Агеева М.С., Чернышева Н.В. Активация мелкозернистого бетона на железосодержащих техногенных песках магнитным полем // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 1. С. 25–28.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

**Боцман А.Н., аспирант,
Лебедев А.А., аспирант,
Челядник М.С., магистрант,
Захаров С.А., магистрант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В последние несколько лет, прогресс науки и техники позволяет все более рационально использовать сырьевые ресурсы. Одним из важнейших направлений ресурсосберегающей деятельности является эффективное использование отходов производства [1–4].

Наиболее важным и перспективным направлением решения проблемы использования вторичных продуктов промышленности является их применение в строительстве и в производстве строительных материалов. Особенно большие объемы отходов образуются в горнообогатительной, металлургической, энергетической, машиностроительной, химической отраслях народного хозяйства [4, 5].

Вместе с тем, в связи с неоправданно высокими ценами на портландцемент, и увеличивающимися объемами строительства, как никогда становится актуальным вопрос разработки и внедрения в производства новых вяжущих веществ, цементов.

Простым и дешевым путем для снижения расхода цемента без ухудшения качества выпускаемой продукции является использование в качестве наполнителей отходов промышленности, попутных и вторичных продуктов, в которые уже вложены затраты труда, топлива, электроэнергии и других ресурсов с целью их утилизации и рационального применения [6–8].

В настоящее время накоплен большой опыт по выпуску вяжущих с использованием активных минеральных добавок. Основные принципы повышения эффективности композиционных вяжущих веществ (КВВ) за счет рационального использования техногенных песков, заключаются в выборе кремнеземистых компонентов с повышенным содержанием минералообразующей среды, газо-воздушных включений, дефектов кристаллической решетки и др., которые в техногенных условиях в процессе добычи и дезинтеграции сырья, воздействия физических полей при обогащении и при помоле совместно с клинкером и пластификаторами трансформируются в активные минеральные

добавки.

Наиболее эффективно в качестве наполнителей использовать отходы промышленности в пылевидном состоянии.

Решением вопросов использования наполнителей занимались и занимаются многие исследователи: В.А. Кинд, В.Ф. Журавлев, О.В. Кунцевич и Е.Е. Россинский (ЛИИЖТ); А.В. Волженский и Л.Н. Попов (МИСИ); И.П. Александрин, И.Н. Ахвердов, Б.Г. Скрамтаев, Ф.М. Ли, А.Е. Комар, В.И. Соломатов, В.Н. Выровой и др.

Выбор и назначение наполнителей в основном зависит от их химической активности. Активность наполнителей связывается в основном с их физико-химическим участием в тех или иных процессах. В то же время введение наполнителей, которые можно представить как частицы дисперсной фазы с другими показателями поверхностного натяжения, чем элементарные структурные элементы вяжущего, изменяют энергетическое состояние дисперсной системы [6, 9–11].

Роль наполнителей в композиционных материалах многогранна. Они обладают демпфирующей способностью, а также способствуют формированию новых центров кристаллизации, которые ускоряют процесс твердения и повышают прочность цементного камня и бетона.

Таким образом, доказано, что использование заполнителей и наполнителей с дефектной структурой интенсифицирует процесс твердения бетонных и растворов смесей, уплотняет структуру и упрочняет изделия на основе цементных композиций.

Для Центрально-Черноземной области РФ является весьма актуальной проблема эффективного использования отходов горно-обогатительного производства. Добыча железистых кварцитов сопровождается выделением значительного количества отходов мокрой магнитной сепарации (ММС). Последние являются самым крупнотоннажным отходом КМА. Технология их складирования в поверхностных хвостохранилищах включает транспортирование, укладку, плату за отторгаемые земли, перекачивание воды для оборотного водоснабжения, обеспечение безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений и т.д., что приводит к существенным затратам, увеличивая себестоимость железорудных концентратов и снижая рентабельность производства [12].

Поэтому экономически целесообразно использовать в качестве тонкозернистого заполнителя и наполнителя вяжущих техногенные отходы КМА. Кроме того, это сырьевые компоненты, которые накопили энергию в результате геологических и техногенных воздействий. Запасенная в хвостах под воздействием механической активации

энергия влияет на процессы структурообразования в системе «отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов – портландцемент» [12].

В отходах обогащения бедных магнетитовых руд постоянными компонентами являются железорудные минералы, поведение которых в процессе твердения цемента исследовано все еще недостаточно полно.

Необходимо отметить активизирующую роль в процессах гидратации и твердения вяжущего добавки отходов обогащения железосодержащей руды, обусловленную присутствием в них железа.

Важнейшими факторами, влияющими на прочность вяжущего, являются дисперсность и содержание наполнителя в вяжущем. Введение наполнителей требуемой дисперсности и активности позволяет экономить до 60 % и более цемента без ущерба для механических свойств изделий с одновременным повышением стойкости и других эксплуатационных свойств.

Представляется также, что в качестве наполнителя в составе комплексного вяжущего целесообразно использовать доменный гранулированный шлак. Выбор именно шлака неслучаен. Традиционным преимуществом шлаковых цементов по сравнению с портландцементами, как уже говорилось выше, являются их большая стойкость к химическим воздействиям, низкая теплота гидратации и экономичность. Добавка шлака в портландцемент является эффективным средством борьбы с вредным влиянием щелочных оксидов. Затвердевший шлакопортландцементный камень характеризуется меньшим содержанием кристаллического портландита, частично связанного зернами шлака и более плотной гидросиликатной гелевой структурой. Этими особенностями структуры объясняются высокая водонепроницаемость и устойчивость к агрессивным средам, что и определяет область применения шлакопортландцемента. Шлаки характеризуются сравнительно постоянным химическим составом и экологически безопасны. Введение в бетонную смесь такого вяжущего позволит обеспечить все описанные выше требования [13, 14].

Известно, что доменный гранулированный шлак является активным компонентом долговечных цементов: его гидравлические свойства и экономические преимущества, позволили производить цементы, в которых содержание шлака может варьироваться от очень низкого до такого уровня, когда содержание шлака превосходит содержание клинкера.

Гидратационной способностью обладают многие кристаллические и аморфные вещества, причем, при одинаковом химическом составе

аморфные вещества обладают большей активностью, чем кристаллические. Ярким примером являются гранулированные и закристаллизованные доменные шлаки.

Более высокую активность стекла, по сравнению с кристаллом, относят на счет имеющегося в нем запаса внутренней энергии. Однако гидратационная активность шлаков далеко не всегда обнаруживается в водной среде. Чаще всегда для ее проявления требуется добавка активаторов, которые по своей величине не могут иметь значения в материальном балансе процесса гидролиза, но своим присутствием обеспечивают его протекание, а также предварительный помол.

Таким образом, введение наполнителей, которые можно представить как частицы дисперсной фазы с другими показателями поверхностного натяжения, чем элементарные структурные элементы вяжущего, изменяют энергетическое состояние дисперсной системы. Выбор и назначение наполнителей в основном зависит от их химической активности. Эффективные наполнители имеют полифункциональное значение в синтезе материалов с заранее заданными свойствами. В реальных условиях имеет место уплотнение цементного камня (снижение содержания крупных капиллярных пор) не только за счет создания более плотной упаковки исходных компонентов, но и за счет изменения химизма процессов твердения вяжущего.

Одними из эффективных наполнителей являются отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов и тонкомолотый доменный гранулированный шлак. Данные материалы достаточно хорошо изучены. При этом параллельно решается экологическая проблема.

Библиографический список:

1. Агеева М.С., Михайлова О.Н., Усенко Н.А., Ясер А.С. Свойства композиционных вяжущих на основе доменного гранулированного шлака // Современные строительные материалы, технологии и конструкции: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозный: Изд-во ГГНТУ, 2015. С. 431–435.

2. Агеева М.С., Михайлова О.Н., Усенко М.В. Оценка свойств композиционного вяжущего на шлаковом наполнителе // Современные строительные материалы, технологии и конструкции: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозный: Изд-во ГГНТУ, 2015. С. 436–439.

3. Агеева М.С., Помошников Д.Д., Тахиров С.З., Никулина А.С.,

Матюхина А.А. Активная минеральная добавка для цементов // Современное общество, образование и наука: сб. науч. трудов Междунар. науч.-практ. конф.: в 16 частях. 2015. С. 7–8.

4. Агеева М.С., Лесовик Г.А., Шаповалов С.М., Михайлова О.Н., Тахиров С.З., Помошников Д.Д., Федюк Р.С. Влияние времени помола на свойства композиционного вяжущего // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 28–32.

5. Сулейманова Л.А., Агеева М.С., Малюкова М.В., Анучкин Я.А., Шураков И.М. Оптимизация параметров вибропрессования плит бетонных тротуарных // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 56–60.

6. Агеева М.С., Лесовик Г.А., Михайлова О.Н., Усенко Н.А. Повышение эффективности закладочных смесей на техногенном сырье // Научные технологии и инновации: сб. трудов Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. С. 7–14.

7. Лесовик В.С., Агеева М.С., Иванов А.В., Михайлова О.Н. Композиционные вяжущие на основе доменного гранулированного шлака // Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения): сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. С. 118–121.

8. Агеева М.С., Погорелов А.В. Композиционное шлако-цементное вяжущее для строительных композитов различного назначения // Наука, образование, общество: проблемы и перспективы развития: сб. науч. трудов Междунар. науч.-практ. конф.: в 10 частях. Тамбов, 2013. С. 10–12.

9. Lesovik R.V., Ageeva M.S., Shakarna M. Efficient binding using composite tuffs of the middle east // World Applied Sciences Journal. 2013. T. 24. № 10. С. 1286–1290.

10. Шаповалов Н.А., Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю., Агеева М.С., Ивашова О.С. Микроструктура продуктов гидратации цемента, содержащего отходы флотационного обогащения железных руд // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 57–63.

11. Агеева М.С., Сопин Д.М., Гинзбург А.В., Калашников Н.В., Лесовик Г.А. Разработка композиционных вяжущих для закладочных смесей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 43–47.

12. Соловьева Л.Н., Огурцова Ю.Н., Бондаренко А.И., Боцман А.Н.

Характеристики песков с учетом их применения в композиционных вяжущих и мелкозернистых бетонах // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 31–33.

13. Соловьева Л.Н., Никулина М.В. Разработка декоративных бетонов на основе отходов мелкой магнитной сепарации // Исследования и инновации в ВУЗе: сб. трудов Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. С. 228–290.

14. Боцман Л.Н., Шарунов Е.Ю., Слепухин А.С. Оптимизация составов композиционных вяжущих для сухих строительных смесей // Сборник трудов молодых ученых и специалистов Белгородской области. Т. 2 / Упр. Проф. Образования и науки Белгор. обл., Совет молодых ученых и специалистов Белгор. обл. Белгород: Константа, 2013. С.25–29.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕМЕНТНО-БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Боцман Л.Н., канд. техн. наук, доц.,

Челядник О.В., магистрант,

Марков А.Ю., аспирант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В России при строительстве дорог по-прежнему применяется морально устаревшая, дорогая и медленная технология асфальтобетонного покрытия, к тому же не слишком пригодная для климата России и требующая частого ремонта. Однако наибольшее внимание в настоящее время уделяется внедрению цементно-бетонных дорог.

Цементно-бетонные дороги долговечнее асфальтобетона в 5–6 раз, их срок службы может достигать 50 лет и более. Они стойки к агрессивному воздействию среды, обеспечивают высокое сцепление с колесом и отсутствие пыли. Полотно относительно мало истирается (0,1 мм в год), толщина покрытия из него не превышает 16–22 см.

Помимо прямых экономических выгод при строительстве, бетонное покрытие дает значительные технико-экономические преимущества при эксплуатации дороги. Кроме того, их прочность и износостойкость позволяют пропускать грузовые автомобили с большим объемом грузов и повышать интенсивность дорожного движения, что приобретает особое значение в контексте транспортных проблем России.

Одним из критериев уровня развития стран является состояние дорожной сети. В настоящее время транспортно-эксплуатационные характеристики большинства отечественных автомобильных дорог отстают от мирового уровня. Только за последнее десятилетие автомобильный парк России вырос в три раза. На некоторых дорогах интенсивность движения в 1,5–3 раза превышает допустимую для данной категории дороги. Рост грузоподъемности транспортных средств и интенсивности движения на дорогах вызвал повышение требований к надежности, работоспособности и прочности дорожных одежд [1].

Теоретические основы бетоноведения заложены в работах Н.П. Александрина, И.Н. Ахвердова, Ю.М. Баженова, П.И. Боженова, А.В. Волженского, Г.И. Горчакова, А.Е. Деева, П.Г. Комохова, Н.В. Михайлова, В.В. Михайлова, В.М. Москвина, Н.А. Моцанского, О.П. Мчделова–Петросяна, К.Д. Некрасова, В.Б. Ратинова,

И.А. Рыбьева, В.И. Соломатова, А.В. Саталкина, В.В. Стольников, А.Е. Шейкина, С.В. Шестоперова и др. Это позволило создать в Российской Федерации мощную отрасль по производству бетона и железобетона.

В настоящий момент на большей части территории страны применяют преимущественно дорожные одежды нежесткого типа. Одной из главных причин такого положения является сравнительная простота технологии строительства и ремонта нежестких дорожных одежд. Однако им присущ и существенный недостаток – невысокий срок службы при тяжелых условиях эксплуатации. Возрастающим требованиям движения, как показывает отечественный и мировой опыт, в наибольшей степени отвечают дорожные одежды жесткого типа. Установлено, что при движении со скоростью 90–110 км/ч на цементобетонных покрытиях расходуется примерно на 5–10 % меньше топлива, чем на асфальтобетонных. А срок службы таких покрытий до капитального ремонта может достигать 50 лет [2–3].

Использование цемента при строительстве дорожных конструкций взамен органических вяжущих с экологической точки зрения крайне благоприятно. Известно, что горячие асфальтобетонные смеси в процессе приготовления и их укладки выделяют токсичные полициклические углеводороды. При проведении поверхностных обработок для улучшения адгезионных свойств битумов в них вводят поверхностно-активные добавки типа алинов и продуктов каменноугольных смол, которые токсичны. В процессе эксплуатации они частично вымываются и испаряются, чем загрязняют окружающую среду.

Существенным обстоятельством, определяющим перспективу развития строительства цементобетонных покрытий, являются ограниченные запасы нефти, как основного источника сырья для производства битумов. Незаменимость битума при выполнении ремонта практически всех типов покрытий служит решающим обстоятельством в пользу расширения в перспективе строительства цементобетонных покрытий. В отличие от битума, запасы сырья для производства цемента являются практически неограниченными.

Цементный бетон для покрытий и оснований автомобильных дорог по своему составу, свойствам, а также требованиям, которые к нему предъявляют, существенно отличается от других видов бетона, предназначенных для промышленных, гражданских, гидротехнических и других сооружений. Важность этих отличий объясняет правомочность термина дорожный бетон.

Формирование структуры дорожного бетона и его свойств зависит от многих факторов: вида и качества исходных материалов, запроектированного состава бетона, применяемых химических добавок, технологии приготовления, укладки и уплотнения бетонной смеси, эффективности армирования покрытия, качества ухода за бетоном.

Дорожные бетоны принято классифицировать по крупности и виду заполнителей. Бетоны на крупном и мелком заполнителе относятся к категории обычных тяжелых бетонов с плотной структурой, под которыми понимаются бетоны, у которых все пространство между зернами плотного заполнителя (крупного и мелкого) заполнено затвердевшим цементным камнем и порами вовлеченного воздуха или другого газа за счет применения воздухововлекающих (газообразующих) добавок. При исключении из состава бетонной смеси крупного заполнителя дорожный бетон относится к категории дорожных мелкозернистых бетонов с плотной структурой, под которыми понимаются бетоны, у которых пространство между зернами мелкого плотного заполнителя заполнено затвердевшим цементным камнем и порами вовлеченного воздуха (или другого газа).

Так называемый, особо малоцебеночный бетон при $S_{щ} \approx 0,1...0,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$ является переходным структурным типом бетона от мелкозернистой до крупнозернистой структуры, представляющий, иначе говоря, мелкозернистый бетон с небольшими добавками щебня.

Для дорожных малоцебеночных смесей характерны: повышенная устойчивость к расслоению в процессе технологической переработки; высокая удобообрабатываемость (отделяемость); более высокая устойчивость кромок и боковых граней свежееотформованного покрытия после прохождения скользящей опалубки; высокая воздухововлекающая и воздухоудерживающая способность.

Технологические особенности малоцебеночных бетонов позволяют использовать их для строительства покрытий комплектами бетоноукладочных машин на рельсовом ходу и со скользящей опалубкой. Наиболее эффективны малоцебеночные бетоны при строительстве цементобетонных покрытий комплектом высокопроизводительных машин со скользящими формами.

Применение малоцебеночных бетонов позволяет получить прочное и долговечное цементобетонное покрытие при сниженном на 20...30 % содержании щебня, что также способствует снижению себестоимости покрытия.

В настоящее время возрастает значение мелкозернистых (песчаных) бетонов в дорожном строительстве, что объясняется

меньшей стоимостью заполнителей, возможностью коренного улучшения технологии изготовления изделий и специфическими свойствами мелкозернистого бетона, которые обуславливают широкую область, где применение данного бетона позволяет достигнуть высокой эффективности [4].

Мелкозернистые бетоны нашли широкое применение в практике дорожного строительства, где требуется повышенная трещиностойкость, прочность при изгибе и растяжении, позволяя отказаться от привозного гранитного щебня и снижать стоимость строительства дорог.

Будущее мелкозернистых бетонов связано с дальнейшим их совершенствованием применительно к различной технологии строительства (в скользящей опалубке, методом укатки, применение литых смесей) [5].

Еще одной разновидностью дорожного бетона является карбонатный бетон, в котором в качестве мелкого и крупного заполнителей используются карбонатные осадочные горные породы (известняки, доломиты). Техническая эффективность карбонатных бетонов обусловлена высоким сцеплением между этими заполнителями и цементным камнем. Эти бетоны в сравнении с обычными равнопрочными бетонами имеют меньшее на 10–15 % содержание цемента.

Дорожные керамзитобетоны применяют, как правило, в районах, где отсутствуют местные каменные материалы и имеются близко расположенные заводы по производству керамзита. Эти бетоны имеют повышенную деформативность, но более низкую износостойкость.

В литературе часто встречается понятие «дорожный высокопрочный бетон». По мнению одних исследователей – это бетон, прочность которого равна или выше, чем активность цемента, а по мнению других – это бетон, абсолютное значение прочности которого выше определенной минимальной величины [6].

Для получения высокопрочного дорожного бетона необходимо использовать высокоактивные (по изгибу) цементы. Мезо– и макроструктуры такого бетона должны характеризоваться повышенным коэффициентом раздвижки вплоть до полного исключения крупного заполнителя и перехода к наиболее высокопрочным мелкозернистым структурам.

В последнее время наблюдается тенденция создания дорожных бетонов повышенной прочности, деформативности и морозостойкости

путем модификации структуры бетона химическими добавками: пластифицирующими, воздухововлекающими и газообразующими [7, 8].

Создание непрерывно армированных цементобетонных покрытий вызвано желанием избавиться от температурных швов сжатия и расширения, как наиболее уязвимых мест бетонных покрытий.

Принципиальное отличие непрерывно армированных конструкций от обычных неармированных состоит в том, что под влиянием внешних воздействий и благодаря наличию арматуры в них образуются поперечные трещины с шагом 1,5–3,0 м и раскрытием их на поверхности до 0,2–0,4 мм. Незначительное раскрытие трещины обеспечивает передачу поперечной силы между плитами и гарантирует от проникновения к арматуре воды, так как на уровне арматуры трещины не раскрываются.

Качество строительства бетонных дорожных одежд в немалой степени определяет технология приготовления цементобетонных смесей [9]. Предпочтение следует отдавать высокопроизводительным установкам циклического действия, обеспечивающим автоматическое дозирование цемента и каменных материалов, точность дозирования химических добавок.

Для повышения конкурентоспособности цементобетонных дорожных одежд необходимо совершенствовать дорожный бетон, технологию строительства и конструкции на его основе. При этом, с одной стороны, требуется повышение долговечности (срока службы), а с другой, – снижение материалоемкости и стоимости конструкций.

В настоящее время при приготовлении дорожного бетона широко используются промышленные отходы и местные материалы, благодаря чему достигается существенное снижение себестоимости строительства дорожных одежд [10]. Состав, структура и текстура техногенного сырья существенно отличается от традиционно применяемого, поэтому требуется тщательное изучение свойств бетонов на подобном сырье.

В целом, целесообразность применения различных разновидностей дорожного бетона определяют путем составления технико-экономического обоснования (ТЭО) на основе сравнения вариантов составов бетонной смеси, при этом эталонным является обычный дорожный бетон.

Библиографический список:

1. Ушаков В.В. Цементобетонные покрытия автомобильных дорог // Строительная техника и технология. 2001. № 2. С. 17–18.
2. Когазон М.С. Применение цементобетона при строительстве дорожных одежд // Цемент и его применение. 1997. № 1. С. 28–30.
3. Носов В.П. Эффективность применения цементобетонных покрытий на автомобильных дорогах // Цемент и его применение. 1997. № 5–6. С. 26–28.
4. Гридчин А.М., Лесовик В.С., Строкова В.В. Сырьевые материалы для строительства жестких дорожных одежд // Сооружения, конструкции, технологии и строительные материалы XXI века: Сб. докл. II Междунар. конф. Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1999. Ч. 2. С. 208–210.
5. Шейнин А.М., Эккель С.В. Причина долговечности // Строительная техника и технологии. 2004. № 1. С. 62–65.
6. Бурдо А.М. Новое в дорожном строительстве за рубежом // Автомобильные дороги. 1998. № 12. С. 9.
7. Шейнин А.М., Якобсон М.Я. Высокопрочные мелкозернистые бетоны с пластификатором С-3 для дорожного строительства // Бетон и железобетон. 1993. № 10. С. 8–11.
8. Косухин А.М., Косухин М.М., Шаповалов Н.А. Композиционное вяжущее для высокоморозостойких дорожных бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 51–52.
9. Сулейманова Л.А., Агеева М.С., Малюкова М.В., Анучкин Я.А., Шураков И.М. Оптимизация параметров вибропрессования плит бетонных тротуарных // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 56–60.
10. Лесовик В.С., Агеева М.С., Иванов А.В., Михайлова О.Н. Композиционные вяжущие на основе доменного гранулированного шлака // Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения): сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. С. 118–121.

ПРЕПОДАВАНИЕ КУРСА «СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ» В МЭИ

**Волков П.В., канд. техн. наук, доц.,
Драгунов В.К., д-р техн. наук, проф.,
Матюнин В.М., д-р техн. наук, проф.**

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Развитие промышленности в нашей стране, а особенно энергетики требует высокий уровень профессиональной подготовки специалистов. Для создания надежных конструкций, узлов, машин, а также для разработки высокоэффективных технологий обработки материалов энергетического оборудования выпускники университетов должны обладать профессиональными навыками и знаниями в области материаловедения. Этому способствует преподавание общих курсов по дисциплине «Материаловедение» в различных группах и потоках НИУ «МЭИ».

Однако наряду с общими курсами в НИУ «МЭИ» также преподается и спецкурс «Специальные вопросы материаловедения» на факультете (институте) Энергомашиностроения и механики по направлениям подготовки: 13.04.03 – энергетическое машиностроение (профиль – производство энергетического оборудования) и 15.03.01 – машиностроение (профиль – машины и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов). Целью спецкурса является более глубокое изучение строения конструкционных материалов, принципов легирования сталей и сплавов, особенностей их термообработки, а также превращений металлов в равновесных и неравновесных условиях, что и отличает этот курс от общего.

Спецкурс состоит из двух частей: первая часть читается в девятом семестре, а вторая – в десятом.

Первая часть курса состоит из семи разделов.

Первый раздел курса посвящен более подробному рассмотрению дефектов кристаллического строения металла, в частности дислокационные реакции, частичные дислокации и дефекты упаковки, которые обычно не дают в общем курсе. Особое внимание уделяется причинам возникновения деформационного упрочнения металла.

Во втором разделе затрагиваются вопросы, относящиеся к строению твердых фаз в металлических системах. В отличие от общего курса, который ограничивается изложением тематики твердых растворов и поверхностным изложением материала по промежуточным фазам, в спецкурсе последние рассматриваются более подробно, а

именно промежуточные фазы Юма-Розери, фазы Лавеса, промежуточные фазы внедрения, геометрически плотноупакованные фазы, также вводится понятие упорядоченного твердого раствора. Особое внимание уделено причинам упрочнения при образовании промежуточных фаз и при упорядочивании твердого раствора, рассматривается также вредное влияние сигма-фазы на механические свойства сталей.

Третий раздел посвящен особенностям формирования структуры металлических сплавов в твердом состоянии. В частности рассматриваются условия формирования и форма зародыша новой фазы, а также три типа превращений в твердом состоянии: диффузионное, промежуточное и бездиффузионное.

Начиная с четвертого и далее до шестого раздела включительно, рассматриваются легированные стали перлитного, аустенитного классов, а также высокохромистые ферритного, феррито-мартенситного, мартенситного классов, принципы их легирования и особенности термической обработки, в частности механизмы возникновения межкристаллитной коррозии и меры борьбы с ней. Особое внимание уделяется основам структурной теории конструктивной прочности: механизмам твердорастворного, дисперсионного, зернограничного, деформационного упрочнения, а также упрочнение за счет перлитной составляющей.

Седьмой заключительный раздел первой части курса посвящен рассмотрению вопросов классификации, строения, свойств и термообработке никелевых и титановых сплавов.

Вторая часть курса состоит из шести разделов.

Первый раздел посвящен кристаллизации сплавов в неравновесных условиях, в частности рассматриваются вопросы неравновесной кристаллизации с полной растворимостью компонентов, а также формирования эвтектики в неравновесных условиях.

Во втором разделе рассматриваются закономерности фазовых превращений в твердом состоянии, в частности роль межфазных границ в фазовых превращениях.

Третий раздел посвящен вопросам формирования вторичной структуры в неравновесных условиях охлаждения. В частности рассматриваются эвтектоидное превращение и образование видманштеттовой структуры.

В четвертом разделе освещаются вопросы, связанные с формированием структуры металла сварных соединений, в частности влияние термического цикла сварки на структуру металла сварных

соединений. Особое внимание уделяется рассмотрению структур сварных швов и зоны термического влияния для металлов и сплавов без полиморфных превращений и с полиморфными превращениями.

В пятом разделе рассматриваются особенности строения металла сварных соединений сталей разных структурных классов. Особое внимание уделено особенностям структуры и свойств сварных соединений, выполненных концентрированными потоками энергии.

Последний шестой раздел второй части курса посвящен рассмотрению термической обработки сварных соединений разных структурных классов: углеродистых, низко- и среднелегированных сталей, высоколегированных, хромистых и хромоникелевых сталей.

Учебной программой предусмотрено выполнение магистрами 15 лабораторных работ: 8 работ в девятом семестре и 7 – в десятом.

Лабораторные работы девятого семестра посвящены изучению методов количественной металлографии, превращений в сталях с помощью термокинетических диаграмм, особое внимание в курсе уделяется макростроению горячедеформированных и литых сталей, особенностям строения и термической обработки легированных сталей различных структурных классов.

В десятом семестре на лабораторных занятиях студенты знакомятся со структурой и дефектами сварных соединений, изучают структуру антикоррозионной наплавки аустенитной стали на перлитную, знакомятся с методами определения механических свойств металла сварных соединений, изучают особенности карбидообразования при отпуске сварных соединений.

В процессе изучения курса в девятом семестре студенты выполняют расчетное задание на тему «Количественная оценка предела текучести и изменения температуры хрупко-вязкого перехода по параметрам структуры». При выполнении задания студенты должны рассчитать механические свойства (предел текучести и критическую температуру хрупкости) по результатам количественной оценки вклада различных факторов упрочнения: твердорастворного, зернограничного, деформационного, дисперсионного, а также за счет перлитной составляющей для стали перлитного класса. Исходя из этого расчета, студенты должны рекомендовать термическую обработку для получения оптимальных свойств металла.

В будущем планируется написание студентами рефератов. Знания и навыки, приобретенные студентами при подготовке рефератов, могут быть в дальнейшем использованы при выполнении магистерских диссертаций.

Ниже приведены лишь некоторые темы рефератов:

1. Упрочняющие фазы в жаропрочных сталях и сплавах.
2. Модели строения границ зерен.
3. Влияние дефектов кристаллического строения на механические свойства сталей и сплавов.
4. Механизмы превращений в твердом состоянии.
5. Механизмы упрочнения металлов.
6. Принципы легирования сталей различных структурных классов.
7. Термообработка легированных сталей различных структурных классов.
8. Промышленные титановые сплавы.

Рекомендуемая студентам литература:

Основная литература:

1. Новиков И.И. и др. Металловедение в 2-х т. Т. 1. Основы металловедения. – М.: МИСИС. 2008. 496 с. (ISBN 978-5-87623-191-8, ISBN 978-5-87623-216-8).
2. Новиков И.И. и др. Металловедение в 2 т. Т.2. Термическая обработка. Сплавы. – М.: МИСИС. 2009. 528 с. (ISBN 978-5-87623-217-5, ISBN 978-5-87623-191-8).
3. Матюнин В.М. Металловедение в теплоэнергетике. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 328 с. (ISBN 978-5-383-00222-3)
4. Гуляев А. П., Гуляев А. А. Металловедение. – М.: Альянс. 2011. 644 с. (ISBN 978-5-903034-98-7).
5. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Альянс. 2009. 528 с. (ISBN 978-5-903034-54-3).
6. Смирнов А.Н. Металловедение сварки и дефекты металла. Изд-во ГУ КузГУ. 2008. 148 с. (ISBN 978-5-89070-656-0).
7. Ефименко Л.А. Металловедение и термическая обработка сварных соединений. Изд-во Логос. 2007. 456 с. (ISBN 5-98704-184-8).
8. Муравьева Т.П., Волков П.В. и др. Материаловедение. Лабораторный практикум. – М.: Издательский дом МЭИ. 2011. 40 с.
9. Муравьева Т.П., Волков П.В. Определение характеристик прочности и критической температуры хрупкости сталей перлитного класса по микроструктуре. – М.: Издательский дом МЭИ. 2006. 12 с.

10. Фетисов Г.П., Матюнин В.М. и др. Материаловедение и технология материалов. М.: Изд-во Юрайт. 2014. 767 с.

Дополнительная литература:

11. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. – М.: Изд-во МИСИС. 1999. 408 с.
12. Новиков И.И. Дефекты кристаллического строения. – М.: Металлургия. 1975. 208 с.
13. Мартин Дж.У. Микромеханизмы дисперсионного твердения сплавов. – М.: Металлургия. 1983. 167 с.
14. Мартин Дж., Доэрти Р. Стабильность микроструктуры металлических систем. – М.: Атомиздат. 1978. 280 с.
15. Гольдштейн М.И., Литвинов В.С., Бронфин Б.М. Металлофизика высокопрочных сплавов. – М.: Металлургия. 1986. 312 с.
16. Новиков И.И. Теория термической обработки. – М.: Металлургия. 1986. 480 с.
17. Лахтин Ю.М. Материаловедение и термическая обработка. – М.: Металлургия. 1993. 448 с.
18. Лившиц Л.С., Хакимов А.Н. Материаловедение сварки и термическая обработка сварных соединений. – М.: Машиностроение. 1989. 336 с.
19. Бунин П.К., Баранов А.А. Металлография. – М.: Металлургия. 1970. 256 с.
20. Материаловедение и термическая обработка. Справочник. В 3-х томах. Т.2. Основы термической обработки. – М.: Металлургия, 1983. 368 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАЗЕРНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ СТАЛЕЙ

**Гаврилов Г.Н., д-р техн. наук, проф.,
Горшкова Т.А., канд. техн. наук, доц.,
Ермаков Д.Ю., аспирант,
Федотов Д.О., аспирант,
Чернышов Д.А., аспирант**

*Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева*

В последнее время намечается тенденция к интенсификации широко используемых традиционных видов химико-термической обработки за счет применения новых высокопроизводительных технологий. Например, для увеличения износостойкости изделий в машиностроении успешно применяют электроискровое и лазерное легирование, ионное азотирование, электронно-лучевую обработку диффузионных слоев и т.д. [1–2].

При лазерном легировании необходимо обеспечить заданную глубину, на которую проникают легирующие элементы. Авторы [3] считают, что одна из особенностей лазерного легирования заключается в том, что толщина легированного слоя является одновременно и параметром, и результатом обработки. При этом, для описания результатов лазерного легирования, экспериментальным путем была определена зависимость глубины легированного слоя от основных параметров обработки, а концентрацию легирующего элемента рассматривают как величину обратно пропорциональную глубине проплавления.

В работе [4] высказано предложение, что глубина зоны легирования может быть больше глубины проплавления материала, так как процесс диффузии может протекать как в расплавленной зоне, так и твердом материале.

Выбор технологических параметров лазерного легирования начинают с подбора мощности излучения, диаметра сфокусированного в пятно излучения и скорости его перемещения, чтобы обеспечить режим возможного плавления поверхности.

В публикациях, посвященных лазерному легированию, часто не указывается толщина слоя нанесенной легирующей обмазки. В некоторых работах указывается наносимая толщина обмазки, но без исследования влияния ее величины на свойства легированного материала [5, 6].

В основном, исследования структуры и свойств сталей в результате лазерного легирования при различных значениях плотности мощности проведены без учета толщины слоя предварительно нанесенной легирующей обмазки.

Для подачи легирующего вещества в зону лазерной обработки используются следующие основные методы: нанесение легирующего состава в виде порошка на обрабатываемую поверхность; обмазка обрабатываемой поверхности легирующим составом; накатывание фольги из легирующего материала на обрабатываемую поверхность; легирование в газообразной среде; электроискровое нанесение легирующего состава; плазменное нанесение покрытия; электролитическое осаждение легирующего покрытия; подача легирующего состава в виде порошков в зону обработки синхронно с лазерным излучением и др.

При лазерном легировании должно происходить проникновение легирующих элементов во внутренние слои с поверхности металла. По мнению авторов [5, 6], вопрос о механизме перемешивания при лазерном легировании является одним из самых основных и самых спорных вопросов лазерного легирования. Обсуждаются два возможных механизма перемешивания: конвективное движение и диффузия. Конвективные течения в жидкой ванне описаны моделью термокапиллярной конвекции, которая позволяет оценить скорость движения расплава и степень его перемешивания, а также степень искажения профиля поверхности легированной зоны [6, 7].

Одной из отличительных особенностей процесса формирования микроструктуры при лазерном легировании является возможность создания большей насыщенности твердого раствора, по концентрации значительно превосходящего растворимость в равновесных условиях.

Исследования структуры и свойств поверхностного слоя сталей 45, У8А и 6ХС при лазерном легировании их Ni, Cr, Mo, W, В, W₂B₅ проводили при плотности мощности лазерного излучения $W = 18,0\text{--}24,0$ кВт/см² и скорости перемещения лазерного луча $V = 4,0\text{--}8,0$ мм/с.

Установлено, что при лазерной обработке и легировании сталей карбидообразующими и тугоплавкими компонентами, микротвердость легированной зоны значительно повышается по сравнению с исходным металлом, а при легировании никелем – понижается. Во всех исследованных случаях глубже зоны легирования располагается зона закалки, имеющая примерно одинаковый уровень микротвердости независимо от вида, используемого легирующего компонента [8].

Если перед лазерным легированием стали подвергались объемной

упрочняющей термической обработке (закалка + низкий отпуск), то в этом случае глубже зоны лазерного термического упрочнения располагается зона с пониженным уровнем микротвердости, что обусловлено тем, что прогрев металла на этой глубине соответствовал температурам отпуска [9].

Наибольшее упрочнение зоны легирования на сталях 45 и 6ХС наблюдается при насыщении их Мо или W (до 8000–9500 МПа). Использование же в качестве легирующего компонента амфорного бора (В) или борида вольфрама (W_2B_5) при легировании стали У8А обеспечивает достижение уровня микротвердости до 11000–12600 МПа.

Если при лазерной обработке достигается плавление поверхности изделия, то микроструктура формируется на стадии затвердевания жидкого металла при охлаждении. Ниже располагается слой основного материала, в котором происходит мартенситное превращение, вследствие того, что прогрев его при лазерном воздействии достигал сверхкритических температур и затем происходил быстрый отвод тепла во внутренние слои металла.

В связи с тем, что температуры плавления используемых легирующих компонентов отличается от температуры плавления основы, было проведено исследование влияния толщины нанесенной обмазки, содержащей легирующие компоненты, на глубину формирования зоны легирования.

При исследовании установлено, что при легировании более тугоплавкими легирующими компонентами формируется меньшая глубина легированного слоя, т.к. при нанесении достаточно толстого слоя легирующей обмазки вся тепловая энергия лазерного излучения может локализоваться только в самой обмазке. При этом плавления поверхностного слоя материала не произойдет, т.е. вместо лазерного легирования будет происходить процесс лазерной наплавки. Например, при легировании стали 45 вольфрамом максимальная величина слоя наносимой обмазки должна составлять 0,40–0,45 мм при обработке с плотностью мощности лазерного излучения $W = 18 \text{ кВт/см}^2$ или 0,70–0,75 мм при обработке с плотностью мощности $W = 24 \text{ кВт/см}^2$.

Анализ микроструктуры сталей при лазерном легировании показывает, что влияние высоких скоростей охлаждения проявляется прежде всего в измельчении зерен и в том, что при затвердении не всегда образуется кристаллы дендритной формы. Это связано с тем, что основные параметры кристаллизации: скорость роста кристаллов и число образующихся центров кристаллизации имеют сложную зависимость от разности температур равновесного ликвидуса и

действительной температурой кристаллизации [10].

При легировании никелем, в основном, происходит плавление никеля с малым плавлением поверхностного слоя основы и четким формированием переходной зоны. Поэтому глубина зоны легирования никелем наиболее слабо зависит от толщины нанесённой обмазки и при всех исследованных параметрах обработки имеет наименьшие размеры проникновения вглубь материала.

При этом, рентгеноструктурным анализом в зоне легирования сталей У8А и 6ХС боридом вольфрама – W_2B_5 зарегистрированы α -фаза и соединения Fe_2B , WB и W_2B , вследствие чего исходная металлическая решетка может претерпевать искажения, что и обеспечивает получение повышенной твердости.

При анализе микроструктуры в зоне легирования установлено, что массоперенос легирующих компонентов реализуется в основном за счет конвективного движения расплава, обусловленного зависимостью поверхностного натяжения расплава от температуры и неоднородности нагрева свободной поверхности зоны легирования [11]. Вследствие этого, на начальных этапах массопереноса, примесь перераспределяется в поверхностном слое, образуя каплеобразную форму зоны легирования. Образование такой формы связано с тем, что распределение энергии и температуры в начальный момент обработки имеет максимум на поверхности в центре фокального пятна сфокусированного лазерного излучения. Перегретый металл в центре ванны силами поверхностного натяжения перемещается к краям зоны легирования. Движению расплава препятствуют силы вязкого трения между слоями расплава. В центре фокального пятна, где происходит максимальный нагрев, вследствие ухода расплавленного металла обнажается менее прогретый слой, вследствие чего образуется вихревая кольцевая зона с повышенной температурой. Из этого места металл продолжает двигаться под действием термокапиллярных сил к краю зоны, а от неё начинается движение обратно к центру зоны легирования. Далее, в силу вихревого движения расплава зона легирования принимает характерную спиралеобразную форму, в которой чередуются области, обогащенные и обедненные легирующим компонентом. Под воздействием термодиффузии концентрационные поля могут трансформироваться, однако более равномерное перераспределение примесей в ванне расплава может быть обеспечено за счет увеличения времени лазерного воздействия, способствующего интенсификации перемешивания [12].

Таким образом, при лазерном легировании молибденом,

вольфрамом и хромом (элементами одной подгруппы) получены, в общем, аналогичные результаты: образуются твердые растворы, в зоне легирования наблюдается повышение микротвердости, а строение и свойства зоны лазерного воздействия зависят от свойств материала основы и наносимой обмазки. Однако существуют и определенные отличия: наличие вновь образующихся фаз, различная глубина формирующейся зоны легирования и различная по величине упрочнения зона закалки, расположенная глубже зоны легирования.

При исследовании установлено также, что степень упрочнения, глубина и микроструктура при лазерном легировании зависят как от вида легирующего компонента, так и от свойств матричного материала. Глубина зоны легирования зависит не только от теплофизических характеристик составляющих систему, но и от энергетических параметров лазерного воздействия. Достаточно равномерное распределение легирующих элементов по глубине зоны легирования обеспечивается процессом конвективного массопереноса.

Библиографический список:

1. Коваленко В.С., Головкин Л.Ф., Черненко В.С. Упрочнение и легирование деталей машин лучом лазера. Киев: Техника, 1990. 192 с.
2. Слосман А.И., Лемешев Н.М. Ионное азотирование стали X12Ф1 // Материаловедение и термическая обработка материалов. 1990. № 12. С. 15–17.
3. Крапошин В.С., Копецкая И.Ч., Костылева О.П. Влияние параметров лазерного нагрева на концентрацию хрома в поверхностных слоях сталей // Физика и химия обработки материалов. 1989. № 5. С. 90–96.
4. Чудина О.В. Поверхностное легирование железоуглеродистых сплавов с использованием лазерного нагрева // Материаловедение и термическая обработка материалов. 1994. № 12. С. 2–7.
5. Григорьянц А.Г., Сафонов А.Н. Лазерная техника и технология: в 7 кн.: учеб. пособие для техн. Вузов. Методы поверхностной лазерной обработки. Т. 3. М.: Высшая школа, 1987. 190 с.
6. Веденов А.А., Гладуш Г.Т. Физические процессы при лазерной обработке материалов. М.: Энергоатомиздат, 1985. 208 с.
7. Технологические лазеры: справочник в двух томах. / Под ред. Г.А. Абильситова, Т. 1. М.: Машиностроение, 1991. 431 с.
8. Гаврилов Г.Н., Кастро В., Беляев Е.С., Брауэр И. Особенности формирования структуры сталей при лазерном термическом цикле // Заготовительные производства в машиностроении. 2011. № 12. С. 38–

41.

9. Гаврилов Г.Н., Костромин С.В., Калинин А.Б. Лазерные технологии повышения стойкости прокатных валков // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. URL:<http://www/science-education.ru/2013>.

10. Научные основы материаловедения / Под. ред. Б.Н. Арзамасова. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 1994. 366 с.

11. Арутюнян Р.В., Большов Л.А., Витков В.В. О механизмах конвективного перераспределения при импульсном оплавлении поверхности металла // ДАН СССР, 1986. Т. 291. № 4. С. 843–846.

12. Арутюнян Р.В., Баранов Г.А., Большов Л.А. Механизмы глубокого проплавления металлов импульсно-периодическим излучением // Поверхность. 1987. № 8. С. 105–112.

К ОЦЕНКЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЖАРОПРОЧНОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА МНОГОФАКТОРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

¹Гадалов В.Н., д-р техн. наук, проф.,

²Ковалев С.В., канд. техн. наук,

¹Скрипкина Ю.В., канд. техн. наук,

¹Тураева О.А.,

¹Розин А.Ю.

¹Юго-Западный государственный университет

²Курская государственная сельскохозяйственная академия

Прогресс в авиационном газотурбостроении обусловлен возрастанием рабочих параметров газотурбинных двигателей (ГТД), которое сопровождается увеличением уровня температур и нагруженности ответственных деталей горячего тракта турбины с одновременным повышением требований к надежности и ресурсу изделий. Выполнение этих требований в значительной мере определяется работоспособностью материалов дисков и лопаток турбины высокого давления и обеспечивается применением для этих деталей высокожаропрочных гетерофазных никелевых сплавов.

К числу основных критериев работоспособности сплавов, предназначенных для продолжительной эксплуатации при высоких температурах, относятся характеристики жаропрочности (длительная прочность, ползучесть и длительная пластичность), которые используются в качестве расчетных величин.

Сжатые сроки проектирования и доводки двигателей, постоянное наращивание ресурса и высокий уровень рабочих температур требуют не только создание новых жаропрочных сплавов, но и более надежной оценки и достоверного прогнозирования их жаропрочности на заданный ресурс по результатам лабораторных испытаний ограниченной длительности. При этом следует учитывать, что материал в деталях горячего тракта ГТД в течение всего срока эксплуатации работает в условиях, отличных от одноосного растяжения, поэтому напряженное состояние, по-видимому, необходимо рассматривать как один из эксплуатационных факторов наряду с уровнем температуры и напряжений. Кроме того, из-за особенностей эксплуатации авиационных ГТД, когда температурные и силовые режимы изменяются даже в пределах одного полетного цикла, необходимо принимать во внимание связанные с этим возможные изменения закономерностей разрушения и деформирования и, как следствие, изменения

характеристик длительной прочности и ползучести сплавов по сравнению со стационарными режимами нагрева и нагружения. Игнорирование этих обстоятельств может привести к разрушению детали ранее расчетного срока.

Необходимо отметить, что высокожаропрочные никелевые сплавы в дисках и лопатках ГТД отличаются различным типом структуры (равноосная поликристаллическая, направленная столбчатая, монокристаллическая и композиционная); при этом в области рабочих температур отмечается микроструктурная нестабильность этих сплавов, обусловленная в основном изменением морфологии частиц упрочняющей γ' -фазы и эволюцией формы и размеров карбидных выделений. Эти обстоятельства должны быть отражены в математических моделях, положенных в основу метода оценки и прогнозирования и учитывающих особенности разрушения и деформирования этих сплавов. При этом следует иметь в виду, что процессы деформирования и разрушения имеют статистическую природу и, в этой связи, только при вероятностном подходе к оценке характеристик жаропрочности и применении для их прогнозирования температурно-временных зависимостей, отражающих статистические аспекты длительного разрушения и деформирования материала, можно ожидать надежных результатов.

Развитие статистических методов планирования эксперимента позволяет выбрать оптимальную схему исследования, в результате которого можно получить математическую модель, описывающую процесс длительного разрушения сплавов в зависимости от параметров нестационарного режима испытаний.

Эта задача формулируется следующим образом: нужно получить некоторое представление с «функции отклика»:

$$\eta = \varphi(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k), \quad (1)$$

где η – значение характеристик жаропрочности, подлежащих определению; $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$ – независимые переменные (параметры режима испытаний), которые можно варьировать при постановке экспериментов. Переменные $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$ называются «факторами», а координатное пространство с координатами $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$ – «факторным пространством». Геометрический образ, соответствующий функции отклика, называется «поверхностью отклика».

В самом общем случае, когда исследование поверхности отклика ведется при неполном знании механизма изучаемых явлений, аналитическое выражение функции отклика неизвестно. Поэтому приходится ограничиваться представлением ее в виде полинома [1]

$$\eta = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \dots \quad (2)$$

с коэффициентами регрессии $\beta_0, \beta_i, \beta_{ij}, \beta_{ii} \dots$.

Разложение функции в степенной ряд эквивалентно представлению ее рядом Тейлора.

Пользуясь результатами эксперимента, можно определить только выборочные коэффициенты регрессии $b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} \dots$, являющиеся лишь оценками для теоретических коэффициентов регрессии $\beta_0, \beta_i, \beta_{ij}, \beta_{ii}$, которые можно было бы получить для некоторой гипотетической генеральной совокупности, состоящей из всех мысленных опытов. Уравнение регрессии, полученное на основе опытов, запишется следующим образом:

$$\eta = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \dots \quad (3)$$

где y – искомое значение характеристики жаропрочности.

Задача заключается в том, чтобы по результатам опытов определять значения коэффициентов регрессии в области варьирования факторов $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$.

Регрессивный анализ базируется на следующих предпосылках [1, 2]:

1) результаты наблюдений y_1, y_2, \dots, y_N , представляют собой независимые нормально распределенные случайные величины;

2) дисперсии $S^2\{y_u\}$, $u = 1, 2, \dots, N$, равны друг другу (выборочные оценки $S^2(y)$ однорядны, что проверяется по критерию Бартлетта);

3) независимые переменные $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$ измеряются с пренебрежимо малой ошибкой по сравнению с ошибкой в определении y .

Первое из сформулированных требований регламентирует применение метода наименьших квадратов для определения коэффициентов уравнения регрессии. Для определения коэффициентов

регрессии в рассматриваемой задаче можно применять метод наименьших квадратов и в том случае, когда не имеет места нормальное распределение величины y [1, 3].

Таким образом, для определения коэффициентов уравнения регрессии необходимо иметь N экспериментальных значений величины $y_u = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k)$. При этом точки с координатами $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k)$ должны быть так расположены в факторном пространстве, чтобы информация о поверхности отклика в интересующей области варьирования независимых переменных $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$ была равномерно распределена в этой области. Этому условию отвечает рототабельное планирование второго порядка, которое предусматривает построение плана эксперимента таким образом, чтобы точки факторного пространства, каждой из которых отвечает режим испытаний с заданным значением координат $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$ в области варьирования этих переменных, были равноудалены от некоторой центральной точки, т.е. равномерно распределены в k -мерной сфере.

Библиографический список:

1. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука, 1965. 340 с.
2. Львовский Б.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. М.: Высш. шк., 1982. 224 с.
3. Фильчаков П.Ф. Численные и графические методы прикладной математики: справ. Киев: Наук. думка, 1970. 790 с.

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТВЕРДЫХ СПЛАВАХ WC-CO С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ СВЯЗКИ

**Гадалов В.Н., д-р техн. наук, проф.,
Скрипкина Ю.В., канд. техн. наук,
Бредихина О.А., канд. техн. наук,
Шестафина С.В.**

Юго-Западный государственный университет

С повышением производительности процессов обработки материалов, в частности процессов обработки металлов давлением (ОМД), может быть достигнуто за счет увеличения стойкости обрабатываемого инструмента. Такой инструмент изготавливают из наиболее прочных материалов, что, в свою очередь, обеспечивается лишь применением твердых сплавов, среди которых выделяются карбидовольфрамовые сплавы: WC-Co, WC-Ni и WC-Co-Fe-Ni.

В настоящее время в мире различными компаниями выпускается весьма широкий ассортимент твердосплавного инструмента, который характеризуется собственно составом сплава, т.е. соотношением тугоплавкой и пластичной составляющих, и зернистостью тугоплавкой или карбидной фазы. Вместе с тем компании изготовители определяют также и области наиболее эффективного применения своей продукции. В частности, компаний Sandvik Hard Materials, например, для инструмента, работающего в условиях ударных нагрузок в сочетании с износом разной интенсивности, рекомендуется применение металллокерамических твердых сплавов с содержанием металлической связи (6...30) % по массе и размером зерен карбидной фазы (1...3) мкм. Такие сплавы нашли применение в качестве инструмента для металлорежущих операций и таких операций ОМД, как прокатка, волочение, вырубка-пробивка, холодное выдавливание, вытяжка, высадка. С ужесточением условий работы инструмента при возникновении интенсивных и тяжелых ударных нагрузок в сочетании с износом компаний рекомендуется применение средне- и крупнозернистых твердых сплавов с размером карбидных частиц свыше 3 мкм и содержанием пластичной фазы в сплаве (6...15) мас. %. Такие сплавы применяют на операциях бурения горных пород и металлоформовочных операциях, т.е. операциях ОМД (горячая объемная штамповка, высадка и пр.).

Известно, что измельчение карбидной фазы в двухфазных композитах типа WC-Co приводит к росту характеристик прочности при изгибе и сжатии, а также твердости [1], поэтому выбор мелкозернистых

спеченных твердых сплавов обусловлен, по сути, высокой абразивной износостойкостью материала, что обеспечивается образованием карбидного каркаса в структуре сплава после жидкофазного спекания и тонкими прослойками связки. Но при этом одновременно падают характеристики пластичности и трещиностойкости или способности сопротивляться продвижению трещины в материале. Последняя характеристика, как в прочем, и пластическая деформация, является достаточно важной особенно при работе инструмента в условиях интенсивных циклических нагрузок и может быть увеличена за счет изменения геометрической структуры сплава, а именно за счет увеличения толщины прослойки связки, что в свою очередь, достигается путем либо увеличения количества пластичной фазы, либо укрупнения карбидной составляющей.

То есть в условиях интенсивных динамических нагрузок работоспособными являются сейчас только твердые сплавы с крупнозернистой структурой и высоким содержанием связки, которые характеризуются высоким уровнем пластичности и трещиностойкости. При этом характеристики прочности и твердости у них являются более низкими по сравнению с мелко- и среднезернистыми твердыми сплавами. При холодной высадке болтов М10 локальные напряжения непосредственно под головкой болта достигают $\sigma_1 = (1600...1800)$ МПа, что в (10...12) раз превышает локальные напряжения около выталкивателя, и с увеличением типоразмера болтов возрастает напряжения и на рабочих поверхностях штампов [2]. При таких жестких условиях работы рабочий канал матрицы подвергается столь сильным динамическим нагрузкам, что напряжения на некоторых участках могут достигать значений, превышающих предел текучести материала инструмента и приводить к быстрому разрушению штампа, т.к. предельная пластичная деформация даже высококобальтовых крупнозернистых сплавов невелика. Например, для некоторых используемых на данной операции марок твердых сплавов предел текучести при сжатии и относительная пластическая деформация составляют: ВК15С – $\sigma_{0,2} = 1820$ МПа, $\varepsilon = 2,6\%$, ВК20 – $\sigma_{0,2} = 1800$ МПа, $\varepsilon = 3\%$, ВК20КС – $\sigma_{0,2} = 1400$ МПа, $\varepsilon = 4,5\%$, ВК20К – $\sigma_{0,2} = 1100$ МПа, $\varepsilon = 9,5\%$, ВК25 – $\sigma_{0,2} = 1600$ МПа, $\varepsilon = 4,5\%$, ВК25КС – $\sigma_{0,2} = 1100$ МПа, $\varepsilon = 8,5\%$, при этом сплавы серии С имеют размер зерен карбидной фазы $d_{wc} = (2,0...2,5)$ мкм, серии КС – $d_{wc} = (3...5)$ мкм, серии К – $d_{wc} = (9,0...11,0)$ мкм и обычной серии с низкотемпературным карбидом вольфрама – $d_{wc} = (1,5...3,0)$ мкм. Из указанных композитов сплавы ВК20К и ВК20КС при высадке болтов М16 и М20 в (2...10) раз

превышают стойкость матрицы из сплава ВК20 [3], при этом инструмент из ВК20 выходит из строя по причине поломки твердосплавной вставки, а инструмент из ВК20К выходит из строя по причине деформации и износа вставки, т.е. если первому не хватает пластичности, то второму твердости.

Таким образом, практика показывает, что более высокая стойкость инструмента, работающего в условиях ударных динамических нагрузок, может быть обеспечена на материале, сочетающем в себе высокие уровни пределов прочности, текучести и пластичности. Для удовлетворения такого требования предпринимались и предпринимаются различные способы улучшения качества сплавов.

Одним из способов усовершенствования твердых сплавов является создание композитов с бимодальной или полидисперсной структурой, которая состоит из связующего металла и карбидных зерен мелкой и крупной фракций, составляющих две моды. Мелкая карбидная фракция придает сплаву твердость, а крупная фракция отвечает за пластичность. Эта идея реализована только на сплаве с содержанием связки 10 мас. %, используемом на операциях бурения горных пород.

Другим способом усовершенствования твердых сплавов является создание композитов с мезоструктурой, которая представляет собой вкрапленные в металлическую матрицу крупные гранулы, которые, в свою очередь, являются тоже твердым сплавом с высоким содержанием карбидной фазы и соответственно большой твердостью. Недостатком сплавов с указанной структурой является невысокий пока уровень предела прочности при изгибе ($\sigma_{изг} = 2100$ МПа), что может быть связано с неравномерностью распределения гранул в кобальтовой матрице и возникновением больших скоплений связки.

Еще один способ усовершенствования твердых сплавов и других композиционных материалов, который приобрел наибольшую популярность в мире, заключается в создании ультра- и нанодисперсной структуры. Однако применительно к твердым сплавам такой способ не нашел применения, по-видимому, из-за трудности предотвращения как роста карбидных частиц, так и образования их скоплений. Преодолеть эти недостатки можно путем снижения температуры спекания, что позволяет затормозить рост зерен карбида вольфрама и предотвратить перераспределение компонентов. Но, с другой стороны, снижение температуры спекания образцов приводит к наличию повышенной пористости, что недопустимо для твердых сплавов. Поэтому для решения задачи обеспечения высокой плотности при низких температурах на Украине был использован метод спекания под

давлением и, в частности, горячее прессование с высоким уровнем энергии. В результате были получены сплавы с равномерной ультрамелкозернистой структурой и хорошим комплексом механических характеристик. Например, если промышленные сплавы, предназначенные для работы в условиях динамических нагрузок, обладают пределом прочности при изгибе порядка (2500...2900) МПа, то ультрамелкозернистые твердые сплавы имеют прочность при изгибе на уровне (2900...3400) МПа в широкой области содержания связки от 20 до 50 мас. %.

На рис. (1...4) представлены сравнительные зависимости некоторых механических характеристик ультрамелкозернистого высококобальтового опытного сплава и промышленного средне- и крупнозернистого сплава известных производителей от содержания кобальта в сплаве.

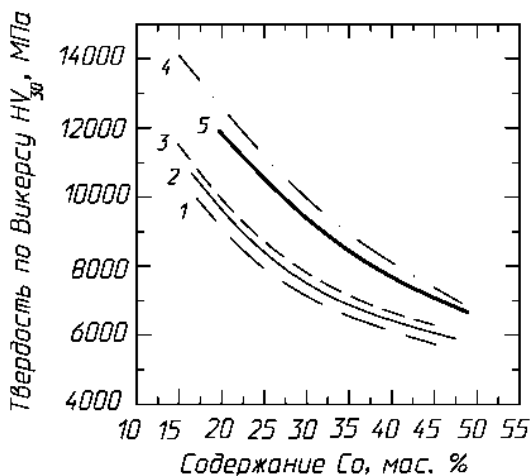


Рисунок 1 – Зависимость твердости от содержания связки: 1 – Sandvik ($d_{wc} = (3...5)$ мкм); 2 – [4] ($d_{wc} = 3...4$ мкм); 3 – Sandvik, Tizit ($d_{wc} = (1,5...3)$ мкм); 4 – [4] ($d_{wc} = (0,5...0,7)$ мкм); 5 – ИПМ ($d_{wc} = (0,4...0,6)$ мкм)

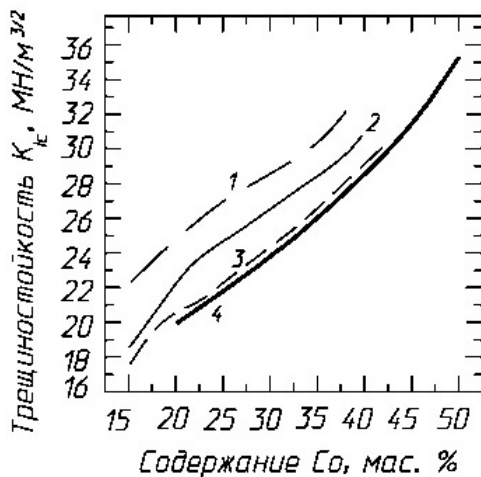


Рисунок 2 – Зависимость трещиностойкости от содержания связки:
 1 – Sandvik ($d_{wc} = (3...5)$ мкм); 2 – Sandvik, Tizit ($d_{wc} = (1,5...3)$ мкм);
 3 – ВНИИТС ($d_{wc} = (1,5...3)$ мкм); 4 – ИПМ ($d_{wc} = (0,4...0,6)$ мкм)

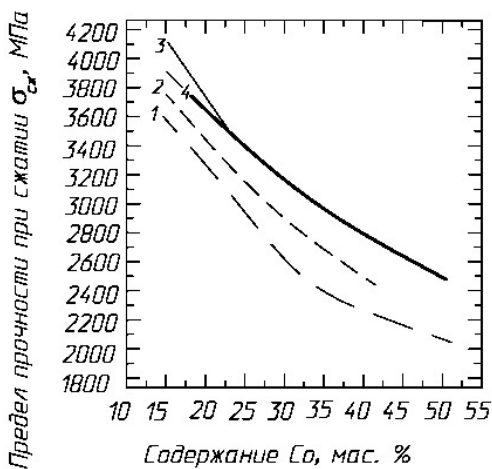


Рисунок 3 – Зависимость предела прочности при сжатии от содержания связки: 1 – ВНИИТС ($d_{wc} = (3...5)$ мкм); 2 – Sandvik ($d_{wc} = (3...5)$ мкм);
 3 – Sandvik, Tizit ($d_{wc} = (1,5...3)$ мкм); 4 – ИПМ ($d_{wc} = (0,4...0,6)$ мкм)

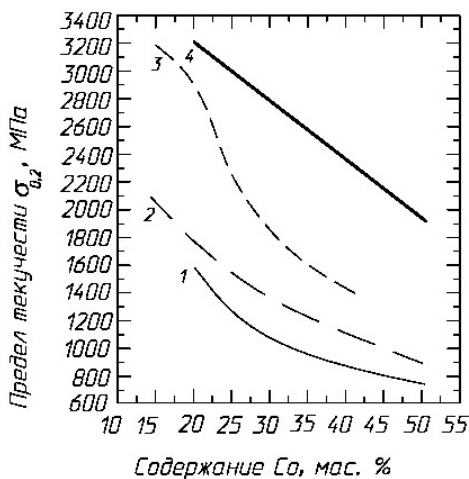


Рис. 4. Зависимость предела текучести при сжатии от содержания связки: 1 – ВНИИТС ($d_{wc} = 5,5$ мкм); 2 – ВНИИТС ($d_{wc} = (2...3)$ мкм); 3 – [5] ($d_{wc} = (1,5...3)$ мкм); 4 – ИПМ ($d_{wc} = (0,4...0,6)$ мкм)

Анализ зависимостей показывает заметное превосходство по пределу текучести при сжатии и твердости для ультрамелкозернистых твердых сплавов, что особенно важно для инструмента, работающего в условиях ударно-циклического нагружения. Более высокая твердость субмикронных сплавов из работы [4] по сравнению с опытными объясняется применением при их получении ингибиторов роста зерен в виде карбидов тугоплавких металлов (TaC , VC , Cr_3C_2) и образованием карбидного каркаса при спекании субмикронных твердых сплавов в жидкой фазе. Образование же карбидного каркаса и сопутствующих при жидкофазном спекании скоплений связки, по нашему мнению, нежелательны, поскольку они отрицательно влияют на прочность при изгибе и трещиностойкость, так как являются дефектами структуры. Трещиностойкость опытных сплавов является достаточно высокой, хотя и уступает некоторым сплавам с более крупной структурой в силу наличия более тонких прослоек связки, но при увеличении пластичной фазы существенно растет и трещиностойкость ультрамелкозернистых твердых сплавов.

Таким образом, высокую эффективность при работе в условиях действия интенсивных динамических нагрузок могут показать

ультрамелкозернистые твердые сплавы с содержанием связующей фазы (35...40) мас. % (см. табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики промышленных средне-, крупнозернистых и опытных ультрамелкозернистых высококобальтовых твердых сплавов

Марка сплава	Состав сплава, масс. %		Средний размер зерен WC $d_{\text{ср}}$, мкм	Предел прочности при изгибе $\sigma_{\text{изг}}$, МПа	Предел прочности при сжатии $\sigma_{\text{сж}}$, МПа	Предел текучести при сжатии $\sigma_{0,2}$, МПа	Трещиностойкость K_{Ic} , МПа м ^{1/2}	Твердость по Виккерсу HV ₃₀ , МПа	Пластическая деформация ϵ , %	Производитель
	WC	Co								
BK15C	85	15	2,5	2200	3700	1820	16	10200	2,6	Всесоюзный научно-исследовательский институт твердых сплавов и туго-плавких металлов (ВНИИТС), Россия
BK20	80	20	2,2	2360	3600	1800	17	9320	3,0	
BK20KC	80	20	3,7	2400	3000	1380	21	8850	4,5	
BK20K	80	20	11,0	1700	2430	1100	27	7170	9,5	
H60T	80	20	3,0	2600	3800			10000		Tizit-Plansee, Австрия
H80T	72	28	3,0	2700	3200			8000		
CT75	80	20		2700	3600			8820		Sandvik Hard Materials, Швеция
CT85	74	26		2500	3300			7840		
CT55	75	25	>2	2900	3100			8500		Fried. Kрупп Widia, Германия
VK20	80	20	0,5	2900	3700	3300	22	11400	1,8	ИПМ НАНУ
VK40	60	40	0,5	3300	2770	2350	27	7400	7,5	

Библиографический список:

1. Ettmayer P. Hardmetals and cermets // Annu. Rev. Mat. Sci. 1989. Vol. 19. P. 145–164.
2. Рыжеванов Т.С., Блинков А.Н., Беляев П.В., Шиканов К.А. Исследование рабочих поверхностей твердосплавного инструмента для холодной высадки и выдавливания // Исследование и разработка

твердых сплавов: сб. научных трудов ВНИИТС. М.: Metallurgy, 1988. С. 83–88.

3. Ивенсен В.А., Гольдберг З.А., Эйдук О.Н., Фальковский В.А. К вопросу о сопротивлении твердого сплава разрушению при ударных нагрузках // Порошковая металлургия. 1965. № 12. С. 69–72.

4. Luycx S., Sacks N., Love A. Increasing the abrasion resistance without decreasing the toughness of WC-Co of a wide range of composition and grain sizes // International Journal of Refractory Metal & Hard Materials. 2007. Vol. 25. P. 57–61.

5. Doi H. Elastic and Plastic Properties of WC-Co Composite Alloys. Tel Aviv, Israel. 1974. 109 p.

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И КАЧЕСТВА ВОССТАНОВЛЕННЫХ ГАЗОПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ ВАЛОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКОЙ

¹Гадалов В.Н., д-р техн. наук, проф.,

¹Скрипкина Ю.В., канд. техн. наук,

²Ковалев С.В., канд. техн. наук,

¹Тураева О.А.,

¹Розин А.Ю.

¹Юго-Западный государственный университет

²Курская государственная сельскохозяйственная академия

Сложными и актуальными являются задачи повышения эффективности механической обработки восстановленных деталей наращиванием труднообрабатываемых материалов.

Перспективным направлением решения этих задач, наряду с совершенствованием традиционных процессов механической обработки, является разработка и внедрение качественно новых высоких технологий, в том числе основанных на комбинированном воздействии нескольких видов энергии и совмещения различных способов ее подвода.

К наиболее эффективным физико-химическим методам формообразования относятся различные процессы ультразвуковой технологии, особенностями состояния которой является расширение области рационального использования ультразвука и многообразия решаемых с его помощью задач [1–3].

При восстановлении распределительных и коленчатых валов существуют разработанные и широко применяемые технологические процессы восстановления деталей с помощью газотермических методов напыления [4–25].

Этот метод имеет ряд неоспоримых преимуществ: малый нагрев детали; высокая производительность процессов; толщина наносимого покрытия регулируется в пределах (0,1...10) мм; простота технологического процесса и оборудования.

Такой типовой процесс восстановления деталей с применением газопламенного напыления применяется на многих ремонтных предприятиях нашего региона. Нами разработан технологический процесс восстановления распределительных и коленчатых валов. Сущность его заключается в том, что на финишной операции назначается ультразвуковая обработка, которая улучшает эксплуатационные характеристики восстанавливаемых деталей.

После размерной обработки шлифованием напыленного слоя на шейках вала происходит разупрочнение поверхностной структуры металла на (6...8) единиц усталостной прочности детали.

При дальнейшей высокочастотной циклической ультразвуковой обработке (УЗО) частицы напыленного металла деформируются от энергии импульса и от контакта с индентором. В отличие от тепловой энергии затухание ультразвуковых волн происходит на границах зерен, изменяя параметры кристаллической решетки и влияя на образование дислокаций. Изменение структуры зависит от режимов ультразвуковой обработки (амплитуды, силы тока, усилия прижима индентора). Воздействие ультразвука на напыленный слой вызывает в нем механические упругие волны, являющиеся носителями энергии, которая активизирует физико-химические процессы. Ультразвуковая обработка позволяет снизить растягивающие напряжения вплоть до их полной релаксации и создания сжимающих напряжений на поверхности.

После шлифования валов, восстановленных плазменными покрытиями, в результате ультразвуковой обработки, микротвердость поверхностного слоя повышается на (10...12) единиц, шероховатость поверхности улучшается до $Ra = 0,1$ мкм. На рисунке 1 показаны участки распределительного вала до и после ультразвуковой обработки.



Рисунок 1 – Участки распределительного вала до (а) и после ультразвуковой обработки (б)

Эффект улучшения эксплуатационных характеристик деталей, подвергнутых окончательной ультразвуковой финишной обработке, связывают, прежде всего, с изменением структуры поверхностного слоя, повышением его твердости и формированием регулярного микрорельефа. Высокая скорость движения индентора, обеспечивающая ударно-сдвиговую деформацию поверхностного слоя, обеспечивает формирование новой структуры без образования дефектов в макро- и

мезомасштабных уровнях. Понимание характера изменений напряженно-деформированного состояния различных по химическому составу и исходной структуре материалов, происходящих в результате УЗО, имеет существенное значение при разработке новых технологий, направленных на формирование мелкозернистой и наноразмерной структуры в поверхностных слоях.

Основной акцент научной новизны таких исследовательских работ заключается в том, что, как показывает анализ литературных данных, все усилия отечественных и зарубежных исследований, направленных на получение нанокристаллических материалов с уровнем прочности, приближающейся к теоретической, действительно еще не вышли за рамки лабораторных исследований и еще очень далеки от реального промышленного применения, поскольку нанокристаллическую структуру в настоящее время получают только в микрообразцах (тонкие пленки, нитевидные кристаллы и пр.), а попытки создания структуры в макрообъемах за счет интенсификации пластической деформации (многократная прокатка или проковка, экструзия, равноканальноугловое (РКУ) прессование и др.) дают в лучшем случае микрокристаллическую структуру с соответствующим уровнем физико-механических свойств. Предлагаемую технологию поверхностной упрочняющей обработки с наложением ультразвуковых колебаний на рабочую поверхность деталей следует рассматривать как действительно новую технологию получения наноструктурных материалов.

Технология УЗО выполняет функции не только поверхностной упрочняющей обработки поверхности, но и финишной обработки поверхности, когда величину микрогеометрии Ra можно довести до сотых долей микрона, при этом весьма ценным является то обстоятельство, что данный способ позволяет получать регламентированную шероховатость поверхности, когда размер, форму и общую плотность «масляных карманов» и, соответственно, маслосъемность поверхности можно целенаправленно регулировать, изменяя в соответствующих пределах технологические параметры процесса.

Для успешного решения проблем нанотехнологии деталей машин необходимо увязать эксплуатационные характеристики деталей с технологическими параметрами процессов обработки и таким образом управлять достижением заданных эксплуатационных характеристик.

Проводимые научно-исследовательские и внедренческие работы на предприятиях нашего региона по внедрению ультразвуковой

технологии, способной управлять достижением заданных эксплуатационных характеристик, дали положительные результаты.

В кратком изложении показаны далеко не все современные упрочняющие технологии, которые целесообразно применять в производстве, а назначенные режимы строго соблюдать. Только тогда возможно получить ожидаемые результаты.

Библиографический список:

1. Аграната Б.А. Ультразвуковая технология. М.: Металлургия, 1974. 504 с.

2. Гаврилова Т.М., Шевченко О.И., Терехин Г.Е. и др. Особенности воздействия ультразвуковых волн на микроструктуру наплавленных покрытий // Современные технологии материаловедения. Магнитогорск: МГТУ, 2003. С. 76–80.

3. Грушев В.В. Исследование влияния ультразвуковой финишной обработки на качество поверхностного слоя деталей машин // Технология ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки: материалы 10-й Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. СПб., 2008. Ч. 2. С. 132–134.

4. Балдаев Л.Х., Волосов Н.А., Захаров Б.М. Реновация коленчатых валов грузовых автомобилей // Ремонт, восстановление, модернизация. 2002. № 1. С. 24–29.

5. Балдаев Л.Х., Калита В.И. Современные тенденции получения газотермических покрытий // Технология металлов. 2003. № 2. С. 37–43.

6. Балдаев Л.Х., Калита В.И. Современные тенденции получения газотермических покрытий // Технология металлов. 2003. № 3. С. 31–35.

7. Балдаев Л.Х. Перспективы применения газотермического напыления при ремонте и производстве оборудования в промышленности // Компрессорная техника и пневматика. 2004. № 5. С. 33–34.

8. Балдаев Л.Х., Борисов В.Н., Вахалин В.А. и др. Газотермическое напыление. М.: МаркетДС, 2007. 344 с.

9. Гордеев А.Ф., Гордеева Р.В. Технология газотермического напыления покрытий (ГТНП) // Технология металлов. 2007. № 7. С. 48–53.

10. Гордеев А.Ф., Гордеева Р.В. Технология газотермического напыления покрытий (ГТНП) // Технология металлов. 2007. № 9. С. 53–55.

11. Гордеев А.Ф., Гордеева Р.В. Технология газотермического напыления покрытий (ГТНП) // Технология металлов. 2007. № 10. С. 51–55.
12. Гордеев А.Ф., Гордеева Р.В. Технология газотермического напыления покрытий (ГТНП) // Технология металлов. 2007. № 11. С. 49–56.
13. Гордеев А.Ф., Гордеева Р.В. Материалы для газотермического напыления покрытий // Технология металлов. 2005. № 4. С. 51–55.
14. Гордеев А.Ф., Гордеева Р.В. Материалы для газотермического напыления покрытий // Технология металлов. 2005. № 5. С. 51–56.
15. Гордеев А.Ф., Гордеева Р.В. Материалы для газотермического напыления покрытий // Технология металлов. 2006. № 9 С. 43–56.
16. Гордеев А.Ф., Гордеева Р.В. Материалы для газотермического напыления покрытий // Технология металлов. 2006. № 10. С. 47–55.
17. Гордеев А.Ф., Гордеева Р.В. Материалы для газотермического напыления покрытий // Технология металлов. 2007. № 3. С. 48–54.
18. Мчедлов С.Г. Газотермическое покрытие и технологии упрочнения и восстановления деталей машин (обзор) // Технология машиностроения. 2008. № 6. С. 35–46.
19. Гадалов В.Н., Емельянов С.Г., Григорьев С.Б. Изучение плазменных покрытий из порошковых многокомпонентных композиций на никелевой основе // Материалы и упрочняющие технологии. Курск: КГТУ, 2009. Ч. 9. С. 12–27.
20. Григорьев С.Б., Гончаров А.Н., Гадалов В.Н. и др. Нанесение защитных покрытий плазменного напыления // Материалы и упрочняющие технологии. Курск: КГТУ, 2009. Ч. 1. С. 59–66.
21. Григорьев С.Б., Гадалов В.Н., Гончаров А.Н. и др. Участок по упрочнению и восстановлению деталей методом плазменного напыления // Материалы и упрочняющие технологии. Курск: КГТУ, 2009. Ч. 1. С. 66–69.
22. Гадалов В.Н., Григорьев С.Б., Алехин Ю.Г. и др. Нанесение покрытий методом плазменно дугового напыления [Текст] // Материалы и упрочняющие технологии. Курск: КГТУ, 2009. Ч. 1. С. 173–179.
23. Гадалов В.Н., Романенко Д.Н., Рагулина Л.Г. и др. Повышение долговечности деталей газотермическим напылением // Химия твердого тела: наноматериалы, нанотехнологии. Ставрополь: Северо-Кавказский госуд. техн. ун-т. 2010. С. 283–285.
24. Гадалов В.Н., Романенко Д.Н., Розина Т.Н. и др. Нанесение износостойкого слоя плазменным напылением // Проектирование механизмов и машин. Воронеж: ВГУ, 2011. С. 65–82.

25. Гадалов В.Н., Емельянов С.Г., Игнатенко Н.М. и др. Изучение свойств плазменных покрытий из порошков на никель-алюминовой основе // Известия ЮЗГУ. 2012. № 5 (44). Ч. 2. С. 107–112.

26. Петров С.В., Коржик В.Н., Никитин Ю.А. Универсальные полуавтоматы для плазменного напыления композиционных защитных покрытий // Материалы и упрочняющие технологии. Курск: ЮЗГУ. 2014. Ч. 1. С. 264–278.

ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ ДИСЦИПЛИНАМ, СВЯЗАННЫМ С ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Голдобина В.Г., канд. техн. наук, доц.
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Машиностроение является основой технического прогресса всех отраслей промышленности. Технология машиностроения исследует вопросы, связанные с изготовлением деталей машин. Начальным этапом процесса изготовления деталей на машиностроительных предприятиях является заготовительное производство. Трудоемкость технологического процесса изготовления деталей машин во многом зависит от заготовок. Выбрать заготовку – значит решить вопросы экономической целесообразности принятых технологических и конструкторских разработок заготовок.

Цель дисциплин, связанных с заготовительным производством, является подготовка студентов к вопросам выбора, проектирования и изготовления заготовок. Однако, решая все вопросы в комплексе, первостепенной задачей является выбор рациональной заготовки. Только после выбора заготовки можно решать вопросы по её проектированию и изготовлению. То есть разработка технологического процесса изготовления зависит от конкретной конструкции заготовки и принятого способа её изготовления. Поэтому, изучая дисциплину, студенты должны: освоить виды, методы и способы производства заготовок; научиться выбирать для конкретных условий рациональный вид заготовки; уметь анализировать влияние различных факторов на качество и себестоимость заготовок.

В результате освоения курса студенты должны уметь: определять припуски, допуски, размеры и массу заготовки; рассчитывать стоимость изготовления заготовок, полученных различными способами; разрабатывать чертеж заготовки с указанием технических требований её изготовления; разрабатывать технологический процесс изготовления выбранной заготовки с подбором необходимого оборудования, инструментов и оснастки.

Видами занятий освоения дисциплин являются лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Большую помощь в понимании предмета изучения по дисциплинам, связанным с заготовительным производством, оказывают знания, полученные при изучении таких дисциплин как «Технологические процессы машиностроительных производств»,

«Технология конструкционных материалов» и «Материаловедение», а также выполнение лабораторных работ по ним. Большое значение имеет знакомство с процессами, получения заготовок, непосредственно на предприятиях в период прохождения ознакомительной практики в летний период. Реальное производство надолго закрепляет знания, позволяет объективно оценивать предметы и самостоятельно принимать решения в поставленных задачах.

Лекционный материал начинается с основных определений детали и заготовки. Так как вид заготовки непосредственно зависит от детали, то этому вопросу уделяется определенное внимание. Студентов необходимо подготовить к глубокому анализу детали. Они должны научиться читать чертежи, вникая во все тонкости конструкции детали, знать назначение детали и её эксплуатационные свойства. При анализе детали рассматривают: конфигурацию; соотношение поперечных сечений по длине детали; пространственное расположение отдельных элементов конструкции по отношению к основной форме; базовые и функциональные поверхности; точность размеров; качество поверхностей; технические требования; технологические свойства материала.

При анализе детали обращают внимание на поверхности, которые не подвергаются механической обработке. Именно качество таких поверхностей и точность размеров становятся определяющими при выборе способа изготовления заготовки. То есть выбранный способ должен обеспечить необходимое качество и точность размеров необрабатываемых поверхностей.

Понятия о заготовке начинают с её определения, рациональности и влияния на весь процесс изготовления детали в целом. По ходу разъяснений о заготовке приводят примеры и дают понятия о металлоёмкости, технологичности, трудоёмкости, производительности и себестоимости. Заготовка не может быть принята сама по себе, её подбирают в непосредственной связи с деталью – это студенты должны усвоить чётко.

В сведения о заготовках включают понятия: – классификация заготовок; – виды заготовок; – методы, способы и технологии получения заготовок; – изготовление заготовок на предприятиях; – оборудование и оснастка, применяемые для производства заготовок. По каждому из этих понятий даются четкие и развернутые определения.

Особые затруднения у студентов вызывают выбор вида и способа получения заготовки. Эту сложную задачу можно облегчить знаниями

основных факторов влияющих на выбор процесса изготовления заготовки. К основным факторам следует отнести:

– *конструкцию детали*, по которой учитывают конфигурацию, габаритные размеры, массу, технические условия и т.д.;

– *характеристику металла*, то есть его технологические свойства, определяющие возможность литья, пластической деформации или свариваемости;

– *качественные и структурные* характеристики способов;

– *точность размеров и качество поверхностей* заготовки, которые необходимо обеспечить;

– *программа выпуска продукции* (тип производства);

– *производственные возможности предприятия*, то есть наличие необходимого оборудования и оснастки;

– *сроки изготовления заготовок*, с которыми связано время на подготовку производства.

Студентам внушается, что одновариантного решения по выбор вида и способа получения заготовки не может быть. Для альтернативного выбора необходимо рассматривать несколько вариантов заготовок. Рациональной считается та заготовка, себестоимость которой минимальная. Для этого требуется по каждому варианту заготовки выполнить расчеты масс. Определение размеров и массы заготовки связывают с припусками. По припускам даются понятия и способы их определения. Разъясняется зависимость припусков от точности размеров и качества поверхностей детали и технологического процесса её изготовления.

Для сравнения заготовок вводятся понятия о точности размеров и качестве поверхностей. Даются определения по допускам и предельным отклонениям размеров, классам и квалитетам точности, качеству и шероховатости поверхностей.

Для оценки заготовок используют технико-экономические показатели. Здесь вводят понятия о технологичности, себестоимости и металлоёмкости заготовок. Основным показателем, оценивающим технологичность заготовки, является себестоимость. Поэтому на этом вопросе следует остановиться подробнее. Показатели, оценивающие металлоёмкость заготовки, приводят через коэффициенты. В заключение общих вопросов следует отметить, что при выборе варианта заготовки для какой детали в первую очередь необходимо учитывать себестоимость и требования к качеству и ориентироваться на то, что в данном конкретном случае является определяющим.

После общих вопросов о заготовке переходят к рассмотрению технологических процессов изготовления заготовок. Процессы с характерными признаками объединяют в методы. Процессы, относящиеся к определенному методу, но имеющие специфические особенности делят на способы. К основным формообразующим заготовки методам относят литьё, обработку давлением, сварку (наплавку). Дополнительные методы: – получение заготовок из простого и периодического профилей проката и сортамента, а также из трубного и листового проката; – производство заготовок методами порошковой металлургии. К способам, например, по литью относят: – литье в песчано-глинистые формы; – по выплавляемым моделям; – в оболочковые формы; – в кокиль и другие.

Деление на способы проводят по всем методам. По каждому способу дают:

- определение;
- технологический процесс изготовления заготовки;
- технологические особенности;
- типы производства, при которых целесообразно применение данного способа;
- оборудование, оснастка;
- преимущества и недостатки.

Особое внимание уделяется технологическим особенностям способа, по которым оценивается его возможности в получении заготовки определенной массы, сложности её конструкции, точности размеров, качества поверхностей, целесообразности применения притом или ином типе производства и другим показателям. Знания особенностей способа позволяют проводить их сопоставление при выборе технологичной заготовки.

При рассмотрении каждого метода обращают внимание на применяемые металлы и сплавы, на их химический состав, механические и технологические свойства, влияние на эти свойства примесей. Рассматривая сплавы для заготовок, анализируют достоинства технологических свойств одних и недостатки других. Таким образом, свойства сплава могут стать определяющими в выборе метода и способа получения заготовки.

Все темы лекционного материала направлены на теоретическую подготовку студентов в вопросах производства заготовок, дающие знания для самостоятельного решения по выбору заготовки. В настоящее время для подачи лекционного материала большое значение имеет применение новых технологий с использованием интерактивной

доски, дающей возможность для показа видеоматериалов и видеороликов. Использование таких технологий расширяет объем и улучшает качество подаваемого материала, дает возможность студентам лучше запоминать. Студенты с интересом воспринимают информацию о новых процессах по производству заготовок. Примером может служить способ получения отливок литьем по газифицируемым моделям [1]. К сожалению, в России, которая является пионером по литью по газифицируемым моделям вместе с США, но в отличие от них, эта технология внедряется слабо.

Информация о литье по газифицируемым моделям в учебной литературе ограничена и встречается только в [2, 3], и то в сжатой форме. Поэтому при подготовке специалистов, будущих работников предприятий, необходима популяризация новых способов. Молодой специалист, не обремененный грузом старых технологий, будет иметь смелость предлагать и внедрять новые технологии. Сделан доклад о литье по газифицируемым моделям на студенческой научной конференции студентом 2-го курса. Уже ни один год в лекциях по литью даются материалы, в том числе видеоматериалы, о способе литье по газифицируемым моделям. Данный способ внесен в 2010 году в учебное пособие по производству заготовок в машиностроении [4]. В настоящее время студенты используют этот способ для выбора заготовки в своих расчетно-графических работах.

На практических занятиях закрепляется теоретический материал на конкретных примерах. Так при рассмотрении вопроса по выбору заготовки каждый студент получает чертеж детали, анализирует его, дает описание конструкции детали, предлагает возможные варианты получения заготовок. На подготовку отводится 15...25 минут. Перед выполнением самостоятельной работы дается пример, план описания и термины. Опрос студентов проводится у доски. При неточных выводах, необходимо указать на ошибки и разъяснить правильный вариант получения заготовки, при этом обращают внимание на то, какие темы лекций используются. Таким образом, в работу включаются все студенты, и рассматривается много примеров. Такой подход дает возможность с первых занятий оценить способности студентов и их умение самостоятельно работать.

При рассмотрении вопросов по определению припусков на механическую обработку, допусков и предельных отклонений на размеры и самих размеров заготовки на доске приводится методика последовательного решения этой задачи. Затем каждый студент получает вариант задачи и самостоятельно решает. По ходу выполнения

работы студенты учатся пользоваться справочной литературой, нормативными и справочными материалами, государственными стандартами. Используя полученные данные расчетов, вычисленные студентами, на доске (в качестве примера) выполняется чертёж заготовки с разъяснениями отдельных её элементов и конструкции в целом. Для примера на эту же заготовку приводится расчет себестоимости и коэффициент металлоемкости.

Самостоятельные работы выполняются по всем ключевым темам. Каждая работа оценивается по пятибалльной системе, что стимулирует студентов, так как оценка используется для аттестации.

Итогом курса дисциплин, связанных с заготовительным производством, является выполнение студентами самостоятельно расчетно-графической работы, в которой отражаются вопросы выбора, проектирования и изготовления заготовки по индивидуальному заданию. В работе приводят: описание конструкции детали; обоснование выбора нескольких вариантов заготовок; определение припусков на механическую обработку, размеров и массы на каждый вариант заготовки; расчеты себестоимости и коэффициентов металлоемкости по каждому варианту с выводами по выбору конкретной заготовки; технологический процесс изготовления выбранной заготовки с подбором оборудования и оснастки. На выбранную заготовку выполняется чертеж с указанием технических требований.

Библиографический список:

1. Рыбаков С.А. Инновационные возможности литья по газифицируемым моделям, состояние и перспективы этого метода в России // Литейщик России. 2009. № 4. С. 44–45.
2. Минаков А.П., Тилипалов В.Н., Схиртладзе А.Г. Проектирование и производство заготовок: учеб. для вузов. Калининград: КГТУ, 2005. 414 с.
3. Орлов П.И. Основы конструирования: справ.-метод. пособие. М.: Машиностроение, 1988. 560 с.
4. Голдобина В.Г. Производство заготовок в машиностроении: учебн. пособие. Белгород: БГТУ, 2010. 160 с.

МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Губарева Е.Н., аспирант,
Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,
Огурцова Ю.Н., канд. техн. наук,
Дронова Е.К., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В условиях умеренного климата и сложившейся экологической ситуации любое сооружение быстро теряет свой первоначальный внешний вид. На кирпичных и бетонных конструкциях появляются высолы, вызванные тем, что дождевая вода и талый снег вымывают на поверхность соли, содержащиеся в составе строительных материалов. Для сооружений, облицованных плиткой, свойственна такая проблема, как появление плесени между швами. От этого значительно страдает внешний вид конструкции: здание выглядит неухоженным и мрачным, на стеклах и отделочных фасадных материалах оседают органические загрязнители.

Причинами потери декоративных качеств поверхности являются различные факторы:

- естественные процессы (воздействие осадков, колебания температур);
- технологические (нарушение строительных технологий; применение непрофессиональных средств);
- воздействие человека (бытовые загрязнения, граффити, удары, царапины, истирания).

Для сохранения декоративных свойств фасадных отделочных материалов применяются несколько методов, которые можно разделить согласно рисунку 1.



Рисунок 1 – Обеспечение декоративности фасадных материалов

Очищение фасадных строительных материалов путем механического воздействия производят несколькими способами (пескоструйный, гидродинамический, гидроабразивный). Особенно распространена очистка с помощью пескоструйных машин. Пескоструйная очистка производится с помощью оборудования, которое под высоким давлением распыляет абразивные вещества. Пескоструйная обработка – это очистка стен с помощью песка, который играет роль абразива. Данный способ очистки предполагает быстрое очищение от большинства сложных загрязнений (старая краска, высолы, плесень, грибок, атмосферные загрязнения), но при этом происходит высокое пылеобразование, выделение большого количества вторичных отходов, а также повышается вероятность повреждения мягкого пористого и глянцевого материала.

Химическая очистка эффективна на небольших площадях для избавления от высолов на фасаде здания. Для этого применяются специальные химические вещества в виде порошков и гелей, наносимые на загрязненную поверхность. По истечении некоторого времени выделения, образовавшиеся на фасаде, счищаются и поверхность обрабатывается гидрофобизирующим раствором для сохранения эстетического вида.

Одним из способов сохранения эстетического вида зданий и поддержания чистоты фасадов на длительный срок является особая технология производства изделий, предполагающая создание поверхности, стойкой к загрязнениям, т.е. достижения так называемого «эффекта Лотоса».

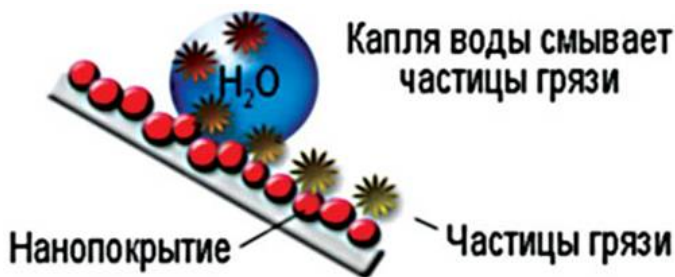


Рисунок 2 – Принцип «эффекта Лотоса»

Суть данного способа заключается в искусственном создании микро- и нанощероховатости («ворса») на поверхности материала.

Капля воды, попадая на такую поверхность, принимает шарообразную форму за счет высокого поверхностного натяжения. Затем она скатывается, захватывая частицы грязи и очищая поверхность материала. Для реализации самоочистки необходимы периодические осадки в виде дождя [1].

Сохранение декоративности зданий и сооружений также осуществляется путем самоочистки поверхности материалов. Функцию самоочистки выполняют фотокатализаторы (в основном применяется TiO_2), которые в результате поглощения квантов света способны вызывать химические превращения участников реакции, вступая с последним в промежуточные химические взаимодействия и регенерируя свой химический состав после каждого цикла таких взаимодействий [2].

На данный момент TiO_2 применяется в промышленности и строительстве для очистки воды, воздуха от органических и неорганических токсичных загрязнителей, микроорганизмов, а также для реализации эффекта фотокаталитического самоочистки поверхностей материалов (рис. 3).



Рисунок 3 – Применение TiO_2 в качестве фотокатализатора

Таким образом, нанодисперсные частицы диоксида титана под действием ультрафиолетового излучения способствуют самоочистке материалов, за счет разложения органических соединений [3].

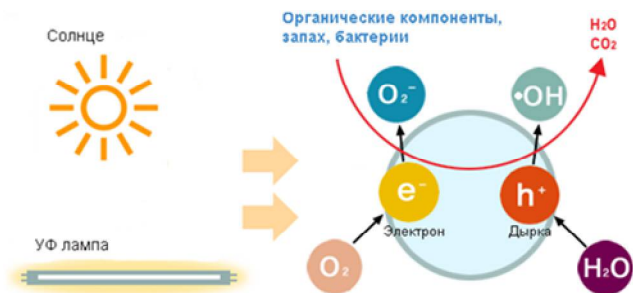


Рисунок 4 – Разложение органических соединений фотокатализатором

Наиболее известные примеры использования фотокатализа в строительстве: Большой национальный театр в Пекине (2008), стеклянные конструкции которого обработаны покрытием, содержащим TiO_2 ; «JubileeChurch» в Риме (2003), стены которого изготовлены из специального белого цемента с добавлением TiO_2 ; самоочищающиеся дорожные покрытия в Токио.

Однако применение TiO_2 имеет ряд ограничений: большая ширина запрещенной зоны (3.2eV для анатаза и 3.0eV для рутила), вследствие чего он неактивен в видимой области спектра, высокая скорость рекомбинации фотовозбужденных электронно-дырочных пар и низкая эффективность переноса заряда на поверхность. Т.е. традиционные материалы на основе TiO_2 наибольшую активность проявляют при искусственном ультрафиолетовом излучении. При солнечном свете активность ниже в связи с непостоянством данного излучения в зависимости от времени суток, года, широты и высоты расположения. TiO_2 использует только 5% солнечного излучения, достигающего поверхности Земли, а без освещения не работает.

Вследствие этого при эксплуатации в реальных условиях эффективность традиционных фотокаталитических материалов низка.

Для решения этой проблемы на данный момент существует множество методов повышения активности TiO_2 . Например, достижение наноразмерности частиц TiO_2 для увеличения удельной поверхности, сенсбилизация к видимой области спектра, в частности, допирование и со-допирование металлами и неметаллами.

К настоящему моменту показана возможность химической трансформации CO_2 без освещения. Для этого используют

нанокристаллические порошки селенида кадмия, легированного примесью индия при размерах частиц около 3–5 нм.

Помимо повышения активности, необходимым является обеспечение долговечности фотокаталитических слоев, так как фотокатализаторы способны разрушать связующие материалы, которые необходимы для фиксации активного агента поверхности строительного композита. В большинстве работ значительного внимания оценке эксплуатационных свойств и долговечности покрытий не предается.

Таким образом, на данном этапе необходимо продолжение усовершенствования функционирования фотокаталитических материалов, а также решение проблем их использования в строительных материалах различного назначения.

В частности, стоит задача повышения активности протекания фотокаталитических реакций, а также инициирования реакций окислительного-восстановительного разложения органических веществ с обеспечением долговечности и безопасности разрабатываемых материалов.

Таким образом, в зависимости от используемых материалов для сохранения декоративных характеристик поверхности могут быть применены как традиционные методы очищения уже имеющихся загрязнений, так и современные методы предотвращения загрязнения. На настоящий момент существует необходимость адаптации данных методов к традиционно применяемым строительным материалам и технологиям их производства.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 14-41-08024.

Библиографический список:

1. Строкова В.В., Евстратов А.А., Огурцова Ю.Н., Кожухова Н.И., Бондарева Е.Н. Перспективы производства и применения самоочищающихся строительных материалов в России // Научные технологии и инновации: сб. докладов Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова // Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч.3. С. 342–346.

2. Пармон В.Н. Фотокатализ: Вопросы терминологии // Фотокаталитическое преобразование солнечной энергии. Новосибирск: Наука, 1991. С. 7–17.

3. Лукутцова Н.П., Постникова О.А., Пькин А.А., Ласман И.А., Солодухина М.Ю., Бондаренко Е.А., Сулейманова Л.А. Эффективность

применения нанодисперсного диоксида титана в фотокатализе // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 54–57.

ЯЧЕИСТЫЙ ГЕОПОЛИМЕРНЫЙ БЕТОН – НОВЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Данакин Д.Н., аспирант,
Кожухова Н.И., канд. техн. наук,
Жерновский И.В., канд. геол.-минерал. наук, доц.,
Веприк А.А., студент
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В настоящее время в мире актуальна проблема утилизации отходов, к которым также относятся ТЭС. Эти материалы являются продуктами переработки каменноугольного топлива на электростанциях. Научным сообществом, отвалы зол-уноса рассматриваются как серьезная экологическая проблема, в связи с тем, что в зависимости от исходного угля, зола может содержать несколько токсичных элементов, таких как свинец, цинк, кадмий и медь, которые после стадии выщелачивания, загрязняют почвы, а также поверхностные и подземные воды. Утилизация зол является предметом серьезного беспокойства, так как накапливаясь в отвалах они делают сельскохозяйственные земли бесплодными и непродуктивными. На протяжении более 20 лет довольно широко ведутся исследования по использованию угольной золы в строительстве, например, в цементе и при производстве кирпича. Многие исследователи изучали также использование шлаков для удаления красителей и органических загрязнителей из сточных вод [1].

Вопросы утилизации золошлаковых отходов на территории Российской Федерации крайне актуальна. Так, в настоящее время на угольные ТЭС России ежегодно поставляется порядка 125 млн. тонн угля, в результате его сжигания образуется 25–27 млн. тонн золошлаковых отходов каждый год. По данным на 2011 год, наибольшее количество отходов (более 60 %) сосредоточено в Сибирском и Уральском Федеральном округе (рис. 1) [2].

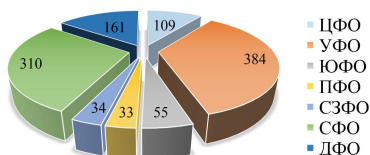


Рисунок 1 – Объемы накопления ЗШО угольных ТЭС в федеральных округах России, млн. тонн (2011 год)

Согласно этой статистике утилизируется и используется всего 8–10 % (2,0–2,5 млн. тонн) ежегодного выхода ЗШО, а 21–22 млн. тонн отходов поступают в отвалы. В настоящее время в России действует 172 ТЭС на угольном топливе, в золошлакоотвалах которых накоплено порядка 1,5 млрд. тонноотходов. Если такая тенденция сохранится, то с учетом увеличения мощности угольных ТЭС, к 2030 году возрастут объемы сжигания угля и количество накопленных ЗШО превысит уже 2,0 млрд. тонн. Все вышесказанное подчеркивает необходимость обстоятельного вопроса по созданию строительных материалов для утилизации золошлаковых отходов [2].

Во время научного прогресса и технологий еще более негативную роль оказывает выбросы другого типа отходов – углекислого газа. Согласно отдельным исследованиям, за последние 800 тысяч лет, содержание углекислого газа в атмосфере планеты неуклонно растёт [3]. При этом средняя концентрация двуоксида углерода в атмосфере на 2015 год равна 0,04 % (400 ppm) и увеличивается в среднем на 0,6 % в год [4]. За 2013 год, на планете образовалось более 35 млрд. тонн углекислого газа, где доля цементной промышленности занимает около 9,5 % [5]. В мировом масштабе эта величина незначительна, однако, цементная промышленность особенно сильному воздействию подвергает близлежащие регионы, что оказывает значительное влияние на изменение климата. Мировые выбросы диоксида углерода при производстве цемента за последние 25 лет возросли более чем в четыре раза и составляют на 2014 год порядка 2,28 млрд. тонн (рис. 2) [6].



Рисунок 2 – Глобальные выбросы CO₂ от цементной промышленности с 1990 по 2050 год (* – выбросы без смягчения последствий, ** – выбросы с применением технологий по смягчению последствий)

В то время как глобальные выбросы CO_2 от цементных заводов в 1990 году составляли 576 млн. тонн, в 2006 году выбросы увеличились почти в три раза, достигнув 1,88 млрд. тонн. Если эта тенденция продолжится без каких-либо действий по предотвращению выбросов, ожидается что к 2050 году количество углекислого газа от производства цемента составит 2,34 млрд. тонн и 1,55 млрд. тонн путем применения таких стратегий, как энергоэффективность, альтернативные виды топлива, замена клинкера, технология улавливания и хранения углерода. Одной из стран с самым высоким содержанием CO_2 является Китай – 692,4 млн. тонн, тогда как в Российской Федерации эти показатели составляют 26,7 млн. тонн [6].

В связи с вышеизложенным, во избежание климатической катастрофы на планете, необходимо открывать и совершенствовать экологически чистые технологии в промышленности. Одна из таких технологий в строительстве является создание геополимерных материалов. Традиционно геополимерами называют вяжущие системы на основе алюмосиликатного аморфного сырья, затворяемые растворами щелочей, такими как NaOH и KOH , имеющие щелочную реакцию и твердеющие при низких температурах. В данном контексте, под геополимерами понимаются бетоны и строительные материалы, получаемые на основе геополимерного вяжущего, которое образуется при затворении тонкодисперсных алюмосиликатных материалов, растворами щелочей или солей, имеющих щелочную реакцию.

Эти материалы обладают повышенной кислотостойкостью и огнестойкостью, а в результате твердения и реакций геополимеризации могут достигать прочности 70–100 МПа. В качестве сырья для получения геополимеров могут выступать как различные техногенные отходы, такие как зола-унос, шлак, рисовая шелуха, так и природные материалы – перлит, десмин, тальк и др. Рассчитанные выбросы углекислого газа при производстве одной тонны геополимерного вяжущего на 80 % ниже, чем при производстве цемента, а его стоимость может быть на 10–30 % дешевле по сравнению с обычными цементными вяжущими [7]. Производство геополимерных систем, проходит при низких температурах, поэтому требует на 90 % меньше энергии, чем затрачивается на производство портландцемента. Проведенные ранее исследования, показали, что применение в геополимерах техногенных отходов, таких как зола-унос ТЭС экологически безвредно [8, 9].

Одним из новых и развивающихся направлений в геополимерных технологиях является получение ячеистого геополимерного бетона.

Ячеистые геополимеры обладают низкой теплопроводностью и вместе с этим могут выступать как высокоэффективные теплоизоляционно-конструкционные, так и теплоизоляционные материалы. Ячеистые геополимерные бетоны являются высокоэкологичными материалами, т.к. могут обеспечить утилизацию золошлаковых отходов и сокращение выбросов CO_2 .

Теплоизоляционные материалы – одни из самых востребованных материалов на российском строительном рынке, однако, производство эффективных теплоизоляционных материалов в России требует усовершенствования технологии и расширения ассортимента выпускаемой продукции.

Вместе с этим, большая потеря тепловой энергии вызывается недостатком эффективных теплоизоляционных материалов. Сегодня на отопление в России затрачивается в 3 раза больше энергии, чем в Скандинавских странах, – хотя климат там аналогичен климату Европейской части России. Например, при эксплуатации жилых и производственных зданий потери тепла составляют до 30 % от годового потребления первичных топливноэнергетических ресурсов в России. Через стены жилых помещений теряется до 45 % тепла, через оконные и дверные проемы – 33 %, через чердаки и полы – 22 % тепловой энергии. В расчете на 1000 человек населения в России используется всего 218 м³ теплоизоляции, тогда как данный показатель в Швеции составляет 600 м³, США – 500 м³, Финляндии – 420 м³, Японии – 350 м³ [10].

В настоящее время ячеистый бетон имеет очень большой рынок сбыта, поэтому, получение высокоэффективных теплоизоляционных и экологически чистых материалов, таких как ячеистый геополимерный бетон на основе зол-уноса является актуальным на сегодняшний день.

Анализ научной литературы показывает, что в настоящее время зарубежные ученые и исследователи активно работают над разработкой ячеистых геополимеров. Для их получения предложено использование разнообразного техногенного сырья, такого как зола-унос, доменные шлаки, рисовая шелуха, метакралин, а также природного сырья в виде перлита. Эти материалы обладают низкой плотностью (300–600 кг/м³) при высокой прочности (0,8–3,5 МПа). На рисунке 3 представлены показатели прочности и плотности ячеистых геополимеров в различных странах, использующих алюмосиликатное сырье [1, 11–14].

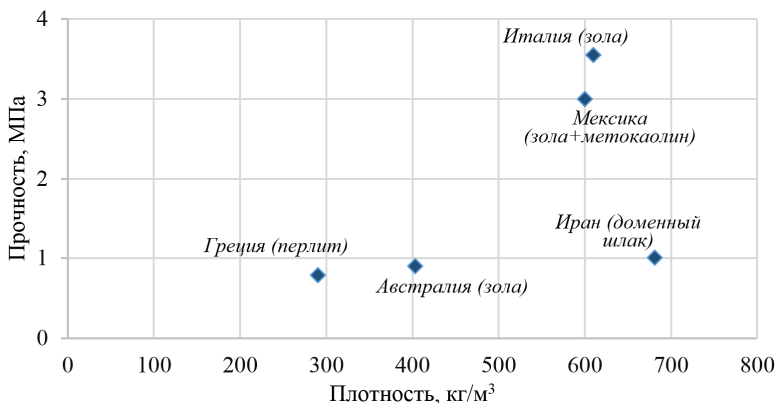


Рисунок 3 – Показатели прочности и плотности ячеистых геополимеров, исследуемых за рубежом

Многочисленные исследования показывают, что определяющее влияние на характеристики и свойства геополимерного ячеистого бетона оказывают ряд факторов, такие как вид пенообразователя, соотношение оксидов $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, содержание порообразующих агентов, а также, осадка конуса и плотность материала [1, 11–14].

В работах зарубежных ученых рассматриваются два типа ячеистых материалов – пенобетон и газобетон, которые отличаются как образованием пористой структуры, так и видами порообразователей.

Геополимерный пенобетон широко изучался институтами Греции и Италии, так в итальянском университете Саленто применялся микроволновый синтез для вспенивания геополимерной массы на основе золы-уноса. Полученный пенобетон имел низкую плотность и высокую прочность – 610 кг/м^3 и $3,55 \text{ МПа}$ соответственно [1]. В технологическом университете Афин геополимерное вяжущее на основе не вспученного перлита смешивали с перекисью водорода для получения высокопористых образцов ($0,8 \text{ МПа}$, 290 кг/м^3) [11]. Вместе с тем следует подчеркнуть, что описанные выше материалы обладали низкой теплопроводностью и высокой пористостью. В исследованиях также отмечалось, что для получения образцов необходима низкая интенсивность вспенивания, а также герметичные условия твердения.

Наибольшее количество исследований в настоящее время посвящено геополимерному газобетону. В Австралии, Италии, Мексике

и других странах, в качестве основного компонента для получения таких материалов используется зола-уноса и алюминиевая пудра как газообразователь [12–14]. В зависимости от особенностей состава зол, их физических характеристик, ячеистые образцы обладают различными свойствами [12]. В тоже время дозировка, степень дисперсности Al-пудры будет влиять на образование поровой структуры в геополимерах.

Результаты австралийских ученых показали, что замена 5,0 % золы-уноса алюминиевой пудрой в образцах при соотношении золы и щелочи, равном 0,35 приводит к лучшему газовыделению и формированию системы с низкой плотностью. Прочность на сжатие газобетона составляла 0,9–4,35 МПа при плотности 400–1300 кг/м³, что подходит для использования в качестве кирпича, огнестойкой панели, подземного трубопровода и т.д. [12].

Экспериментальные исследования показывают, что новый вид пористого геополимера может найти широкое применение благодаря своей низкой стоимости, простотой технологии производства, кислотостойкости, теплофизическими свойствами и экологичности.

В свете сказанного, особое значение занимает патент, выпущенный в Китае (CN 102584323, 2012 г.) и патент США (US20140264140 A1, 2014 г.), где бетон проектировался на основе золы-уноса и имел прочность на сжатие от 3 до 17 МПа при соответствующей плотности от 400 до 1200 кг/м³ [15, 16]. Отличием данной работы, является широкое использование добавок, суперпластификаторов, модификаторов, а также легких наполнителей. Этот материал планируется использовать как конструкционный, так и теплоизоляционный (рис. 4, а).



Рисунок 4 – а) композиционный ячеистый геополимерный бетон (патент US20140264140 A1), б) сборная панель из геополимерного ячеистого бетона (компания HySSIL)

Однако, уже сейчас австралийская строительная компания HySSIL выпускает ячеистые геополимерные панели, которые легче обычных панелей, с аналогичной прочностью и долговечностью (рис. 4, б). В бетоне основным компонентом вяжущего выступает зола-уноса или доменный шлак, вместо обычного ПЦ, что снижает выбросы CO_2 на 60 %. Данная панель имеет ряд преимуществ по сравнению с панелью HySSIL на основе цемента, включая более высокий предел прочности на сжатие и изгиб (на 15 %), более быстрое время твердения, высокую химическую и огнестойкость, меньшие энергозатраты (на 60 %) [17].

Технические характеристики панелей HySSIL находят широкое применение, включая, использование в модульных конструкциях малоэтажного жилья. Мировая тенденция к снижению негативного воздействия на окружающую среду способствует дальнейшему развитию компании HySSIL в области ячеистого геополимерного бетона.

Получение ячеистых геополимеров рассматривается достаточно широко, однако, ограничивается двумя видами материалов – пенобетоном и газобетоном. В БГТУ им. В.Г. Шухова разработаны образцы геополимерного пеногазобетона на основе Новотроицкой золы-уноса с комплексным использованием пенообразователя Esaron и газообразователя в виде Al-пудры (рис. 5).

Проведенные исследования позволили заключить, что определяющее влияние на возникновение и развитие пор в ячеистых геополимерах оказывает содержание порообразующей добавки.

Полученные образцы показали прочность 0,83 МПа при плотности 571 кг/м^3 . Важным фактором, обуславливающим пористую структуру материала, является также вязкость геополимерной пасты. Наиболее легкий ячеистый геополимер был получен на основе Троицкой золы-уноса с плотностью 352 кг/м^3 при прочности 0,22 МПа.



Рисунок 5 – Ячеистый геополимерный бетон в БГТУ им. В.Г. Шухова (слева-направо – газобетон, пенобетон, пеногазобетон)

Итак, результаты проведенного эксперимента показали, что полученные образцы ячеистых геополимеров не уступают по техническим характеристикам зарубежным аналогам (табл. 1). Перечисленные исследования внесли серьезный вклад в технологию ячеистых геополимеров, однако по-прежнему актуальной является влияние алюминиевой пудры и продуктов ее гидролиза на кинетику геополимеризации, а также зависимость повышенного содержания алюминия на поведение геополимеров при высоких температурах.

Таблица 1 – Исследования ячеистого геополимерного бетона

Место исследований	ρ , кг/м ³	$R_{сж}$, МПа	Условия твердения	Порообразователь
Россия (БГТУ им. В.Г. Шухова)	352	0,22	35 °С (24 ч) + 50 °С (24 ч)	Al-пудра, Esapon 1214
	571	0,83		
Австралия	403	0,9	25 °С (24 ч) + 65 °С (24 ч)	Al-пудра
Греция	290	0,78	35 °С (2 ч) + 65 °С (24 ч)	H ₂ O ₂
Мексика	600	3,0	25 °С (24 ч) + 70 °С (24 ч)	Al-пудра
Италия	610	3,55	СВЧ-нагрев при 100 °С	Na ₂ SiO ₃
Иран	680	1,0	25 °С (2 ч), нагрев 87 °С (3 ч), выдержка (6 ч), охлажд. (3 ч)	лаурилсульфат натрия, Al-пудра

Таким образом, в связи с необходимостью расширения ассортимента теплоизоляционных материалов, разработка эффективных ячеистых геополимеров на основе золошлаковых отходов актуальна во многих странах мира. Новый вид геополимерного пеногазобетона, благодаря высоким теплофизическим характеристикам, не уступающим ячеистым материалам на основе цемента, может найти широкое применение в строительстве.

Библиографический список:

1. UINaq E. Microwave synthesis of thermal insulating foams from coal derived bottom ash // Fuel Processing Technology. 2015. № 130. P. 263–267.
2. Новоселова О.А. Образование и накопление золошлаковых отходов на тепловых угольных электростанциях в Российской Федерации // Alitinform. 2013. № 1.С. 68–79.
3. Jonathan A. Deep ice tells long climate story. BBC News. Science Nature [Электронный ресурс]. URL: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/5314592.stm>.

4. ESRL Global Monitoring Division – Global Greenhouse Gas Reference Network [Электронный ресурс]. URL: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/index.html>.

5. Olivier J.G.J., Janssens-Maenhout G., Muntean M., Peters J.H.A.W. Trends in global CO₂ emissions: 2014 report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2014. 59 p.

6. Benhelal E., Zahedi G., Shamsaei E., Bahadori A. Global strategies and potentials to curb CO₂ emissions in cement industry // Journal of Cleaner Production. 2013. № 51. P. 142–161.

7. Hardjito D., Rangan B.V. Development and Properties of Low-Calcium Fly ash-Based Geopolymer Concrete. Faculty of Engineering, Curtin University of Technology. Perth, Australia, 2005. 94 p.

8. Кожухова Н.И., Жерновский И.В. Оценка биопозитивности геополимерных вяжущих на основе низкокальциевой золы-уноса // Строительные материалы. 2012. № 9. С. 84–85.

9. Минько Н.И., Пучка О.В., Евтушенко Е.И., Нарцев В.М., Сергеев С.В. Пеностекло – современный эффективный неорганический теплоизоляционный материал // Фундаментальные исследования. 2013. № 6. С. 849–854.

10. Vaou V., Panias D. Thermal insulating foamy geopolymers from perlite // Minerals Engineering. 2010. № 23 (14). P. 1146–1151.

11. Sanjayan J., Nazari A., Chen L., Nguyen G. Physical and mechanical properties of lightweight aerated geopolymer // Construction and Building Materials. 2015. № 79. P. 236–244.

12. Arellano Aguilar R., Escalante García J. Lightweight concretes of activated metakaolin-fly ash binders, with blast furnace slag aggregates // Construction and Building Materials. 2010. № 24 (7). P. 1166–1175.

13. Esmaily H., Nuranian H. Non-autoclaved high strength cellular concrete from alkali activated slag // Construction and Building Materials. 2012. № 26 (1). P. 200–206.

14. Cui X. Geopolymeric light porous material and preparation method thereof. 2012. CN 102584323.

15. Gong W. High-strength geopolymer composite cellular concrete. 2014. US 20140264140 A1.

16. Geopolymer Cellular Precast Panel [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hyssil.com/geopolymercellularprecastpanel/>.

17. Фомина Е.В., Кожухова М.И., Кожухова Н.И. Оценка эффективности применения алюмосиликатной породы в составе композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 31–35.

О ДУХОВНО-ПРАВСТВЕННОМ ВОСПИТАНИИ МОЛОДЕЖИ

Данков В.В.

Фроловская городская Дума

Стабильность и жизнеспособность государства определяется прежде всего нравственным и духовным уровнем его граждан.

Духовно-нравственный упадок порождает кризисные явления в политике, экономике, социальной сфере нашей страны, поэтому воспитание нравственности, патриотизма народа, прежде всего молодежи, которой принадлежит будущее – одно из самых важных условий развития и процветания России. Процесс этот многогранный, динамичный, в нем участвуют все общественные институты: семья, школа, общественные организации, средства массовой информации, армия, церковь.

Предпринимаемые на сегодняшний день попытки воспитания духовно-нравственной разносторонней личности показывают, что самым слабым звеном этой деятельности является семья и молодое поколение.

Сегодня на молодежь обрушивается огромный поток нездоровой информации, которая пагубно влияет на подрастающее поколение, способствует размыванию традиционных нравственных норм, запретов; особенно ярко это выражено в современных средствах массовой информации, рекламе, в молодежной культуре. Главная мотивация многих СМИ – это привлечение большинства зрителей и получение максимальных прибылей от рекламы, то есть на первом месте стоят деньги, а отрицательное влияние сцен насилия, вседозволенности на сознание населения, а особенно нравственное становление молодежи, учитывается в последнюю очередь.

Отечественные и зарубежные исследователи отмечают очень большой уровень отрицательного низкопробного информационного продукта на психику и мораль молодых людей. И если взрослый человек еще может критически оценить такую телепродукцию и отмежевать выдумку от реальности, то ребенок воспринимает телевизионные схемы как норму, как план для реализации в жизни, и у него формируется извращенный стиль мышления.

Таким образом, дети привыкают к криминальным сценам, усваивают ложную истину, что основной путь решения большинства проблем – насильственный, а, следовательно, формируются довольно странные негативные идеалы для подражания.

Получается довольно парадоксальная ситуация: безнравственность порождает такие социальные отношения, как преступность, а преступность в свою очередь порождает безнравственность и бездуховность.

Последние пятнадцать, двадцать лет в общественном сознании заметно обесценивались такие понятия, как «совесть», «долг», «честь», и, как следствие, происходит деформация ценностных основ мировоззрения молодежи. Сегодня значительная часть молодежи считает вполне приемлемыми проституцию, обогащение за счет других, хамство, взятки и др. Ценности, которые пропагандируются в мире – это культ исполнения своих прихотей, поощрения явного насилия, жестокости.

Заметно и падение уважения к семейным традициям, семейным ценностям, происходит деградация семьи, как важнейшего социального института.

Еще одной очень острой проблемой в государстве является молодежный экстремизм и проявление неприязни молодых людей к другим национальностям.

Имеются также социально-негативные движения, которые активно способствуют распределению идей насилия среди несовершеннолетних, а также сопряженные с риском детских суицидов.

Уместно здесь привести концепцию духовно-нравственного развития и воспитания личности гражданина России, принятую в 2010.

«Базовые национальные ценности производны от национальной жизни России во всей её исторической и культурной полноте, этническом многообразии. В сфере национальной жизни можно выделить источники нравственности и человечности, т.е. те области общественных отношений, деятельности и сознания, опора на которые позволяет человеку противостоять разрушительным влияниям и продуктивно развивать своё сознание, жизнь, саму систему общественных отношений.

Традиционными источниками нравственности являются: Россия, многонациональный народ Российской Федерации, гражданское общество, семья, труд, искусство, наука, религия, природа, человечество.

Соответственно традиционным источникам нравственности определяются и базовые национальные ценности, каждая из которых раскрывается в системе нравственных ценностей (представлений):

- патриотизм – любовь к России, к своему народу, к своей малой Родине, служение Отечеству;

- социальная солидарность – свобода личная и национальная, доверие к людям, институтам государства и гражданского общества, справедливость, милосердие, честь, достоинство;

- гражданственность – служение Отечеству, правовое государство, гражданское общество, закон и правопорядок, поликультурный мир, свобода совести и вероисповедания;

- семья – любовь и верность, здоровье, достаток, уважение к родителям, забота о старших и младших, забота о продолжении рода;

- труд и творчество – уважение к труду, творчество и созидание, целеустремленность и настойчивость;

- наука – ценность знания, стремление к истине, научная картина мира;

- традиционные российские религии – представления о вере, духовности, религиозной жизни человека, ценности религиозного мировоззрения, толерантности, формируемые на основе межконфессионального диалога;

- искусство и литература – красота, гармония, духовный мир человека, нравственный выбор, смысл жизни, эстетическое развитие, этическое развитие;

- природа – эволюция, родная земля, заповедная природа, планета Земля, экологическое сознание;

- человечество – мир во всем мире, многообразие культур и народов, прогресс человечества, международное сотрудничество».

Сегодня многие говорят о необходимости создания национальной идеи, которая бы стала основной для формирования морально – нравственных ценностей. А ведь эту идею не надо создавать, она существует, это православие.

Сегодня церковь и религиозные конфессии могут стать ускорителями возрождения России, поскольку церковь не стремится к власти, а просто служит возрождению России. Церковь вселяет в человека веру. Ведь истинно верующий будет четко следовать религиозным заповедям, главной из которой является любовь к Богу и любовь к ближнему. А если мы действительно любим ближнего, а ближний это тот человек, который может встретиться на нашем жизненном пути, то можем ли мы у него украсть или сделать ему другое зло. Если мы любим наших детей, то мы все делаем, чтобы им было хорошо, отдавая им теплоту, любовь, и они отвечают нам тем же.

Поэтому только любовь как забота и отдача другому человеку или обществу в целом, в противовес потребительскому эгоизму и вседозволенности, может спасти нашу страну и мир.

Любое общество заинтересовано в сохранении и передаче накопленного опыта, иначе невозможно не только его развитие, но и само существование. Сохранение этого опыта во многом зависит от системы воспитания и образования, которая в свою очередь, формируется с учетом особенностей мировоззрения и социально-культурного развития данного общества. Духовно-нравственное становление нового поколения, подготовка детей и молодежи к самостоятельной жизни – важнейшее условие развития России, а разрешение проблем нравственного воспитания требует поиска наиболее эффективных путей.

Инструментом реализации данной политики в г. Фролово является муниципальная целевая программа «Духовно-нравственное воспитание молодежи». В рамках программы организуются массовые мероприятия: Рождественские елки, Пасхальные концерты, хоровые соборы.

Духовное возрождение в городе Фролово Волгоградской области началось с активной работы настоятеля Фроловского православного прихода, протоиерея Федора Андрощука. Благодаря его трудам в городе появились прекрасные Храмы. Воскресная школа.

Итоги двадцатилетней работы коллектива Воскресной школы при православном приходе Храма Богоявления в городе Фролово показывают, что дети и подростки, а также их родители имеют огромное желание приобщаться к православным традициям.

Многие родители хотят обучать своих детей в православно-ориентированном учреждении. В городе появилась необходимость создания и поддержки координирующего центра по духовно-нравственному воспитанию и образованию.

Традиционно проводятся городские творческие выставки «Семь светлых дней», «Рождественская лазурь». Проводятся мероприятия, посвященные Дню славянской письменности и культуры, видеолектории «Светочи России», тематические экскурсии и паломнические поездки «Святыни православия», родительские собрания по темам православной педагогики, фестивали, посвященные Дню семьи, любви и верности, работает городской семейный туристско-краеведческий клуб «Зеленый Афон».

Программы духовно – нравственного воспитания разработаны и в каждой школе города в соответствии с Законом Российской Федерации «Об образовании», Федеральным Законом «О свободе совести и религиозных объединениях» (ст. 3, п. 1, ст. 5, п. 4), Международной конвенцией «О правах ребенка» 1989 г., Постановлением Администрации Волгоградской области от 22 ноября 2010 г. N 607-п «О

долгосрочной областной целевой программе «Духовно-нравственное воспитание граждан» на 2011–2015 годы», Концепцией духовно-нравственного развития и воспитания личности гражданина России, принятой в 2010 году, областной целевой программой «Духовно-нравственное воспитание граждан» на 2011–2015 годы и отражают специфику образовательного учреждения, его традиции и инновации.

Реализация Программы способствует формированию такой воспитательной системы в классе и школе, которая включает в себя целостный учебно-воспитательный процесс, интегрирующий воспитание и обучение, при котором учитель – духовный посредник между обществом и ребенком в освоении духовной культуры, накопленной человечеством.

Разработанные и реализуемые программы, как и предполагает Концепция, представляют собой ценностно-нормативную основу взаимодействия общеобразовательных учреждений с другими субъектами социализации – семьёй, общественными организациями, религиозными объединениями, учреждениями дополнительного образования, культуры и спорта, средствами массовой информации. Целью этого взаимодействия является совместное обеспечение условий для духовно-нравственного развития и воспитания обучающихся.

Программы в соответствии с Концепцией определяют:

- характер современного национального воспитательного идеала;
- цели и задачи духовно-нравственного развития и воспитания детей и молодежи;
- систему базовых национальных ценностей, на основе которых возможна духовно-нравственная консолидация многонационального народа Российской Федерации;
- основные социально-педагогические условия и принципы духовно-нравственного развития и воспитания обучающихся.

Общеобразовательные учреждения должны воспитывать гражданина и патриота, раскрывать способности и таланты молодых россиян, готовить их к жизни в высокотехнологичном конкурентном мире, постоянно взаимодействовать и сотрудничать с семьями обучающихся, другими субъектами социализации, опираясь на национальные традиции.

Концепция формулирует социальный заказ современной общеобразовательной школе как определённую систему общих педагогических требований, соответствие которым обеспечит эффективное участие образования в решении важнейших общенациональных задач.

В работе обычных школ учитывается:

- преемственность современного национального воспитательного идеала по отношению к национальным воспитательным идеалам прошлых эпох;

- духовно-нравственные ценности, определённые в соответствии с действующим российским законодательством;

- внешние и внутренние вызовы, стоящие перед Россией.

Об участии в 70-летию со дня Победы над фашисткой Германией

Национальным приоритетом, важнейшей национальной задачей является приумножение численности многонационального народа Российской Федерации, повышение качества его жизни, труда и творчества, укрепление духовности и нравственности, гражданской солидарности и государственности, развитие национальной культуры.

С 2011 года одна из школ города является экспериментальной площадкой «Центр духовно-нравственного воспитания» при Волгоградской государственной академии повышения квалификации работников образования. Другая успешно реализует модель «Русская школа».

Реализация программы духовно-нравственного воспитания происходит через интеграцию учебного и воспитательного процесса. В нашей школе идея изучения русской культуры, как основы духовно-нравственного воспитания, пронизывает все предметы учебной программы.

С 2005 года было рекомендовано учителям-предметникам ввести в свои рабочие программы темы, где были бы представлены достижения нашего государства в любой период развития по следующим направлениям:

- Великие ученые;
- Достижения науки и культуры;
- Эпохальные события отечественной истории;
- Герои и гении;
- Национальные русские ценности.

Оказалось, что внедрить русское содержание в предметы не только можно, но и нужно, ибо через понимание своего прошлого, выдающихся личностей, величайшей в мире культуры учащиеся начинают осознавать величие своей державы, а это возрождает чувство сопричастности с ней.

Воспитательный процесс планируется и строится во взаимосвязи духовного и светского направлений, а внеклассная деятельность является логическим продолжением начатой на уроке работы. Ведущим

направлением является духовное воспитание; при разработке планов воспитательной работы учитывается возраст учащихся, прослеживается последовательность в развитии личности ребенка.

Широкие возможности для развития духовно-нравственного и патриотического воспитания открываются в курсе «Основы православной культуры». Духовно-нравственное воспитание на основе православных традиций формирует ядро личности, благотворно влияет на все стороны и формы взаимоотношений человека с миром: на его этическое и эстетическое развитие, мировоззрение и формирование гражданской позиции, патриотическую и семейную ориентацию, интеллектуальный потенциал, эмоциональное состояние и общее физическое и психическое развитие. Становление такой личности невозможно без правильного воспитания. «Воспитывать» – значит способствовать формированию духовного, сердечного и цельного человека с крепким характером.

Очень важно в воспитании детей знакомиться с жизнью и подвигами великих патриотов земли Русской. Это и Святой Сергей Радонежский, который своим духовным авторитетом мирил князей и собирал Русь в единое могучее государство! Это и святой благоверный князь Александр Невский, знаменитые слова которого: «Не в силе Бог, а в правде» до сих пор помнят потомки. Это святой благоверный Дмитрий Донской, сражавшийся на поле брани, как простой воин. Это великие полководцы – Суворов, Кутузов. Все они являются высоким нравственным примером для наших детей. Жизни и бескорыстному служению народу и Родине этих людей посвящаем мы тематические классные часы.

Формирование нравственных понятий – это очень сложный и длительный процесс. Он требует постоянных усилий учителя, систематической и планомерной работы по формированию чувств и сознания детей.

В школе с детьми проводится немало различных мероприятий: беседы на этические темы, чтение художественной литературы, обсуждение положительных и отрицательных поступков детей.

Необходимым условием формирования нравственной сферы ребенка становится организация совместной деятельности детей, способствующая развитию общения и взаимоотношений детей друг с другом, в процессе которых ребенок усваивает социально-исторический опыт, получает представления о другом человеке и о самом себе, о своих возможностях и способностях.

Многие мероприятия, проводимые в рамках реализации

воспитательной программы, являются традиционными:

- Коллективное творческое дело «Народный календарь»;
- «Литературно-исторический бал»;
- Научно познавательный цикл классных часов «В начале было слово»;
- Проектная и научно-исследовательская деятельность.

Детям интересно не столько слушать, сколько видеть и иметь возможность соприкоснуться с прошлым. Вот почему большую роль в воспитательной деятельности мы отдаем работе школьного музея, который является центром патриотического и духовно-нравственного воспитания.

Одним из направлений музея является его краеведческая работа, так как его фонды создаются на основе собранных материалов об истории дома, улицы, микрорайона, учебного заведения. Основываясь на накопленном материале, музей играет роль наглядного пособия, необходимого в образовательном процессе; развивает познавательные интересы, тем самым расширяет кругозор, повышает уровень культуры школьников, является источником новых знаний.

Воспитательные мероприятия, проводимые в музее, способствуют более сильному эмоциональному воздействию на учащихся. В музее собран богатейший лекционный материал по различным темам:

- «Дни воинской славы»;
- «Страницы истории Волгоградской области»;
- «Культура в годы Великой Отечественной войны»;
- «Полководцы Великой Отечественной войны»;
- «Почетные граждане города Фролово» и т.д.

Особое внимание уделяет школа работе с родителями. Сегодня нужно заниматься и воспитанием родителей. Делать это можно по-разному: можно указывать на недостатки, поучать, критиковать, а можно вместе идти путем преодоления трудностей в воспитании. Мы пошли именно таким путем.

Работа с родителями в школе строится на следующих принципах:

- 1) Принцип согласия, обеспечивающий обоюдное понимание воспитательной цели и взаимное доверие;
- 2) Принцип сопряжения, благодаря которому сохраняется гармоничность школьных и семейных норм жизни и требований к ребенку;
- 3) Принцип сопереживания, реализация которого направлена на сохранение достаточно высокого уровня доброжелательности двух партнеров как условия их взаимодействия;

4) Принцип содеянности, допускающий совместную деятельность представителей двух разных сфер в едином деле с детьми.

Обращение к опыту православной педагогики в настоящее время, когда идет духовное возрождение России, особенно актуально, так как общество и государство остро нуждается в образовательных моделях, обеспечивающих духовно-нравственные компоненты в содержании образования. Именно поэтому в 2011 году Администрацией города и православным приходом принято решение об организации православной гимназии.

Это особо значимый этап и новый уровень работы по духовно-нравственному воспитанию и православному образованию на территории городского округа город Фролово. В 2011 году гимназия приняла своих первых учеников по программе начального общего образования. В 2013 году начата реализация социальной программы «Православная гимназия – Духовно-нравственный центр воспитания детей и молодежи в городском округе город Фролово».

В 2013 году начато строительство нового современного здания гимназии. Строительство и оснащение здания осуществляется за счет благотворительных средств.

1 сентября 2015 г. гимназия примет обучающихся уже по программе основного общего образования. Здание гимназии будет современным, комфортным, оснащенным согласно основным требованиям реализации федерального государственного стандарта образования.

Учреждение должно стать региональной инновационной площадкой по духовно-нравственному и патриотическому воспитанию. Главными задачами будущего центра станет создание условий для:

- формирования высокоразвитой общественно активной личности, обладающей целостным мировоззрением и приобщенной к богатому наследию отечественной культуры;
- воспитания молодежи путем изучения дополнительных предметов, программ дополнительного образования;
- методическое и информационное обеспечение работы по духовно-нравственному воспитанию.

К.Д. Ушинский писал: «Воспитание, созданное самим народом и основанное на народных началах, имеет ту воспитательную силу, которой нет в самых лучших системах, основанных на абстрактных идеях или заимствованных у другого народа».

Это справедливое высказывание вполне применимо к целям воспитания подрастающего поколения сегодня.

И в заключении хочется сказать, что цель поставлена: воспитать гражданина, человека духовно-нравственного, здорового телом и духом. И мы надеемся, что наша молодежь будет любить Россию так, как любил её А.С. Пушкин, который писал: «Клянусь честью, что ни за что на свете я не хотел бы переменить Отечество или иметь другую историю наших предков...».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ КОЛЬЦА НА НАПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАЧИ ПОГРЕШНОСТИ ЕГО ФОРМЫ

Дуганов В.Я., канд. техн. наук, доц.,

Сумской А.М., аспирант,

Олейников Е.А., аспирант,

Никольская В.Е., магистрант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Бесцентровая обработка деталей кольцеобразной формы широко распространена на предприятиях, выпускающих подшипники качения. Детали этих изделий должны иметь высокую точность, как диаметральных размеров, так и точности формы функциональных поверхностей. Использование станков для бесцентрового шлифования позволяет существенно поднять производительность труда и автоматизировать технологический процесс. Однако базирование колец на двух опорах существенно усложняет наладку станка, а на точность размеров и формы оказывают влияние множество факторов. В данной работе при разработке методов формообразования (обработки) колец выявлено влияние деформации вращающегося кольца на направление передачи погрешности его формы.

Кольцо, установленное в вертикальной плоскости на роликоопоры, деформируется под действием гравитационных сил и приобретает форму, симметричную относительно лишь одной оси ОУ (рис. 1).

При обработке деталей кольцеобразной формы наиболее важное значение имеет форма детали вблизи роликоопор, и в особенности, участок между ними. Форму нижней части кольца будем аппроксимировать дугой эллипса, который является наиболее близкой кривой к поверхности бандажа цементной печи.

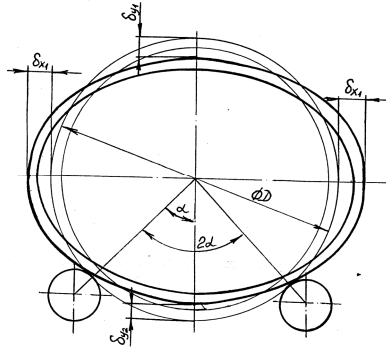


Рисунок 1 – Симметричность деформированного кольца

Уравнение эллипса имеет вид:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (1)$$

где a и $b - a = R + \Delta a$; $b = R + \Delta b$ – полуоси эллипса;

R – радиус математического эталона-кольца;

Δa и Δb – перемещения точек кольца, связанные с деформацией под действием собственного веса.

При обработке кольца в результате того, что скорость его упругой деформации конечна, ось симметрии кольца поворачивается на некоторый угол E в сторону его вращения. Рассмотрим две системы координат: старую XOY , начало которой совпадает с центром окружности радиуса R , опирающейся на ролики радиуса r , (рис. 2) и новую $X_3O_3Y_3$, начало которой и оси совпадают с центром и осями аппроксимирующего эллипса (рис. 3).

Углы передачи неточностей формы в точках соприкосновения кругового кольца с роликами равны $\Psi_1 = \Psi_2 = \Psi_3$ и связаны с координатами точек $B(x_1, y_1)$, $C(x_2, y_2)$ и основными размерами r, R, d соотношением:

$$\frac{x_1}{y_1} = -\frac{x_2}{y_2} = \frac{d}{2\sqrt{(R+r)^2 - d^2/4}} \quad (2)$$

Координаты одних и тех же точек, в старой и новой системах, связаны соотношениями

$$\begin{aligned} x_3 &= (x - x_0) \cos E + (y - y_0) \sin E; \\ y_3 &= -(x - x_0) \sin E + (y - y_0) \cos E \end{aligned} \quad (3)$$

где: x_0 и y_0 – координаты нового начала в старой системе координат.

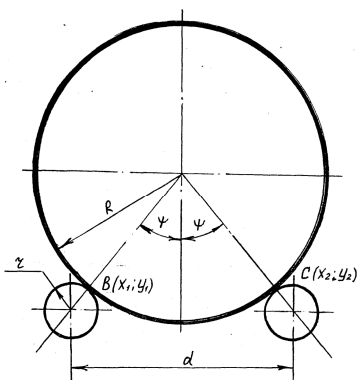


Рисунок 2 – Система координат математического эталона

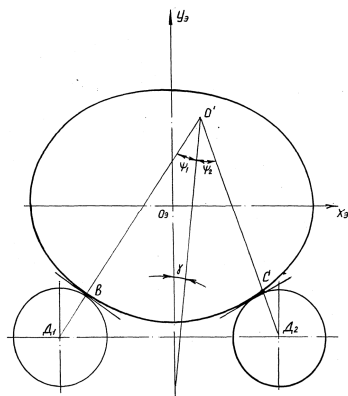


Рисунок 3 – Система координат деформированного кольца

В новой системе координат уравнение эллипса имеет канонический вид:

$$\frac{x_0^2}{a^2} + \frac{y_0^2}{b^2} = 1 \quad (4)$$

Подставив в это уравнение выражение (3), найдем уравнение аппроксимирующего эллипса в старой системе координат:

$$b^2[(x-x_0)\cos E + (y-y_0)\sin E]^2 + a^2[-(x-x_0)\sin E + (y-y_0)\cos E]^2 = a^2b^2 \quad (5)$$

Погрешности формы кольца в точках его соприкосновения с роликоопорами В и С передаются в направлениях нормалей к эллипсу ВО и СО в этих точках. Направляющие векторы этих нормалей имеют вид:

$$\bar{a}_{vo'} = \bar{a}_1(1; K_1); \bar{a}_{co'} = \bar{a}_2(1; -K_2) \quad (6)$$

где: K_1 и K_2 – угловые коэффициенты нормалей, равные производной функции $y(x)$ определяемой неявно уравнением (5):

$$\begin{aligned} K_1 &= y'(x_1; y_1); \\ K_2 &= y'(x_2; y_2) \end{aligned} \quad (7)$$

где:

$$y' = \frac{b^2[(x-x_0)\cos E + (y-y_0)\sin E]\cos E + a^2[(x-x_0)\sin E - (y-y_0)\cos E]\sin E}{b^2[(x-x_0)\cos E + (y-y_0)\sin E]\sin E + a^2[(x-x_0)\sin E - (y-y_0)\cos E]\cos E} \quad (8)$$

Касательные, проходящие через точки соприкосновения В и С, являются общими для роликоопор и кольца, поэтому

$$\overline{o_1b} // \bar{a}_1 \text{ и } \overline{o_2b} // \bar{a}_2$$

Отсюда:

$$\frac{x_1 + d/2}{1} = \sqrt{\frac{y_1 + (R+r)^2 - d/4}{K_1}}; \quad (9)$$

$$\frac{x_2 + d/2}{1} = \sqrt{\frac{y_2 + (R+r)^2 - d/4}{K_2}} \quad (10)$$

Так как: $O_1B = O_2B = r$, то:

$$(x_1 + d/2)^2 + y_1 + \sqrt{(R+r)^2 - d/4} = r^2; \quad (11)$$

$$(x_2 + d/2)^2 + y_2 + \sqrt{(R+r)^2 - d/4} = r^2 \quad (12)$$

Далее, точки В и С принадлежат эллипсу, поэтому их координаты удовлетворяют уравнению (5):

$$b^2[(x_1 - x_0)\cos E + (y_1 - y_0)\sin E]^2 + a^2[-(x_1 - x_0)\sin E + (y_1 - y_0)\cos E]^2 = a^2b^2; \quad (13)$$

$$b^2[(x_2 - x_0)\cos E + (y_2 - y_0)\sin E]^2 + a^2[-(x_2 - x_0)\sin E + (y_2 - y_0)\cos E]^2 = a^2b^2 \quad (14)$$

Таким образом, для определения неизвестных величин $x_0, y_0, x_1, y_1, x_2, y_2$ имеем полную систему уравнений (9–14). Ввиду сложности и нелинейности этих уравнений, точного аналитического решения системы (9–14) не существует, хотя для каждой конкретной ситуации уравнения (9–14) с любой необходимой точностью могут быть решены численно.

Для получения приближенного аналитического решения этих уравнений примем во внимание, что угол поворота оси симметрии кольца E , а также его деформация Δa и Δb достаточно малы

$$E \ll 1; \Delta a/R \ll 1; \Delta b/R \ll 1 \quad (15)$$

поэтому:

$$\begin{aligned} \cos E &\cong 1; \sin E \cong E; a^2 \cong R^2 + 2R\Delta a; \\ b^2 &\cong R^2 + 2R\Delta b; b/a \cong 1 + \frac{\Delta b - \Delta a}{R} \end{aligned} \quad (16)$$

Эти соотношения позволяют существенно упростить выражения угловых коэффициентов направлений передачи неточностей формы

КОЛЬЦА:

$$\begin{aligned} K_1 &= \frac{x_1}{y_1} \cdot \frac{b^2}{a^2} + E \left(\frac{b^2}{a^2} - 1 \right) \cdot \left(1 - \frac{b^2}{a^2} \cdot \frac{x_1^2}{y_1^2} \right); \\ K_2 &= \frac{x_2}{y_2} \cdot \frac{b^2}{a^2} + E \left(\frac{b^2}{a^2} - 1 \right) \cdot \left(1 - \frac{b^2}{a^2} \cdot \frac{x_2^2}{y_2^2} \right) \end{aligned} \quad (17)$$

где:

$$\frac{b^2}{a^2} \cong 1 + 2 \cdot (\Delta b - \Delta a) / R$$

Отношения x_1/y_1 и x_2/y_2 ввиду того, что x_0, x_1, y_0, y_1 , определяются формулами (2). Принимая во внимание то, что:

$$K_1 = \operatorname{tg} < O' D_1 D_2, \quad K_2 = \operatorname{tg} (\pi - O' D_1 D_2)$$

найдем соотношение для вычисления углов Ψ_1 и Ψ_2

$$\Psi_{1,2} = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} |K_{1,2}| \quad (18)$$

где:

$$K_{1,2} = \pm \frac{d \left(1 + \frac{2(\Delta b - \Delta a)}{R} \right)}{2\sqrt{(R+r)^2 - d^2/4}} + \frac{2\varepsilon(\Delta b - \Delta a)}{R} \left(1 - \frac{d^2 \left(1 + \frac{2(\Delta b - \Delta a)}{R} \right)}{4((R+r)^2 - d^2/4)} \right) \quad (19)$$

Углы $\Psi_{1,2}$ совместно с углом установки режущего инструмента β определяются через коэффициент исправления формы U_u процесса формообразования при бесцентровой обработке колец.

Соотношения (18) и (19) позволяют учесть влияние на этот процесс деформации детали от собственного веса и управляет огранкой колец в процессе их обработки.

Библиографический список:

1. А.С. № 1630140. Пелипенко Н.А., Дуганов В.Я. Способ бесцентровой обработки крупногабаритных колец. Оpubл. в 1990.
2. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 1969. 559 с.
3. Чепраков Б.И., Годович Г.М., Волков Л.П., Прохоров А.Ф. Бесцентровые круглошлифовальные станки. М.: Машиностроение, 1973. 168 с.
4. Дуганов В.Я., Бешевли О.Б. Определение деформации кольца, установленного на двух опорных роликах под действием гравитационных сил // Ремонт, восстановление, модернизация: научно-технический журнал. 2012. № 2. С. 48–51.
5. Пелипенко Н.А. Безрамная обработка крупногабаритных деталей // Машиностроитель. 1987. С. 10–20.
6. Пелипенко Н.А. Вопросы математического моделирования безрамной обработки бандажей вращающихся печей // Известия вузов. Машиностроение. 1988. № 5. С. 103–108.

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС «ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»

¹Иванов Г.Н., канд. техн. наук, доц.,

²Сизова Е.И., канд. техн. наук, доц.

¹Московский государственный технологический
университет «СТАНКИН»,

²Московский горный институт. Национальный
исследовательский технологический университет «МИСиС»

В содержании «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года», «Национальной доктрины образования до 2025 года», модели «Российское образование – 2020» с учётом требований современности необходимость подготовки специалистов относится к числу ведущих тенденций развития образования [1].

Инновационный характер образования становится важнейшим инструментом в его конкуренции с другими социальными институтами. В современной социально-экономической ситуации не только содержание, но и формы, технологии обучения важны для создания позитивной ориентации молодёжи на образование. Развитие новых методов и каналов образования становится настоятельной необходимостью [2, 3].

Предметной областью лекционного курса «Технология конструкционных материалов (ТКМ)», является изучение типовых технологических процессов изготовления и ремонта машин и оборудования, при подготовке бакалавров и специалистов в области технологии машиностроения и ремонта машин. Целью этой подготовки является изучение принципов организации и структуры ремонтного производства, типовых технологических процессов ремонта горных машин с применением прогрессивных способов изготовления и восстановления деталей с заданными эксплуатационными параметрами (рис. 1).

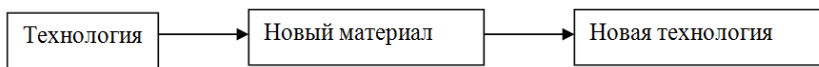


Рисунок 1 – Организационная структура ТКМ

В современной технике используются следующие группы конструкционных материалов:

- 1) металлы и их сплавы;
- 2) полимеры (пластмассы, резины);
- 3) керамика;
- 4) стекла;
- 5) композиционные материалы;
- 6) порошковые материалы.

При изложении дисциплины ТКМ особое внимание уделяется изучению свойств материалов для обеспечения необходимых эксплуатационных, технологических и экономических требований, предъявляемых к детали [3].

Эксплуатационные требования к материалу определяются условиями работы детали в механизме, которые учитывают основные свойства материала такие как: *прочность, износостойкость, трещиностойкость, жесткость, упругость, антифрикционность, электропроводность, теплопроводность, коррозионная стойкость, жаропрочность* и др.

Технологические требования к материалу определяют возможность изготовления деталей с минимальными трудозатратами.

При изготовлении деталей методами обработки пластическим деформированием (штамповка, ковка, прокатка и т.д.) учитываются такие свойства, как *пластичность*.

При изготовлении деталей литьем учитываются такие свойства как: *легкоплавкость, усадка, ликвация, склонность к поглощению газов*.

Обрабатываемость резанием.

Термообрабатываемость.

Свариваемость.

Экономические требования к материалу определяются его стоимостью.

Развитие инновационных образовательных процессов – есть способ обеспечения модернизации образования, повышения его качества, эффективности и доступности. Многоуровневое образование и работа в предметной области определи ряд эффективных инновационных технологий:

- 1) внутрипредметные инновации метод;
- 2) портфолио (Performance Portfolio or Portfolioc Assessment);
- 3) метод проблемного изложения, метод проектов;
- 4) научно-исследовательская работа студентов;
- 5) проблемное обучение;

- 6) практико-ориентированные проекты;
- 7) творческие проекты;
- 8) лекция-визуализация.

Внутрипредметные инновации: то есть инновации, реализуемые внутри предмета, что обусловлено спецификой его преподавания. *Общеметодические инновации:* к ним относится внедрение в педагогическую практику нетрадиционных педагогических технологий, универсальных по своей природе, так как их использование возможно в любой предметной области, в таблице 1 представлена связь инновационно-педагогических технологий с учебным процессом.

Таблица 1 – Связь инновационно-педагогических технологий с учебным процессом

Элементы инновационных педагогических технологий	Факторы современного социального заказа системе высшего образования
1. Формирование в учебных процессах целостной позиции: «студент – субъект образования – индивид – личность – человек».	Целостное восприятие окружающего мира и ощущение единства с ним, формирование в современном специалисте гуманистической позиции и экологической культуры.
2. Овладение студентами технологией самоопределения в учебном процессе.	Овладение технологией принятия решений, свободой выбора, умением адаптироваться в условиях перемен. Овладение технологией прогнозирования ситуаций, предупреждения чрезвычайных событий (вместо преодоления последствий).
3. Использование при составлении программ технологии структурирования содержания по модульной системе.	Овладение культурой системного подхода в социальной деятельности, овладение мировоззренческим принципом дополнительности вместо борьбы противоположностей.
4. Использование технологии разрешения проблем как методологической основы методов в учебном процессе.	Преодоление потребительской позиции в жизнедеятельности.
5. Использование приемов самооценки результативности педагогического взаимодействия как овладение рефлексивной культурой.	Целостное восприятие процесса и результата деятельности, повышение уровня развития.
6. Использование работ в малых группах как наиболее эффективной модели образования.	Овладение технологией демократического общения как технологией «горизонтальных» коммуникаций.

Метод портфолио – современная образовательная технология, в основе которой используется метод аутентичного оценивания результатов образовательной и профессиональной деятельности. Метод

портфолио возник на Западе из проблемного обучения. В основе этого метода – технология сбора и анализа информации о процессе обучения и результатах учебной деятельности. Портфолио – систематический и специально организованный сбор доказательств, который служит способом системной рефлексии на собственную деятельность и представления её результатов в одной или более областях для текущей оценки компетентностей или конкурентоспособного выхода на рынок труда. По видам практико-результативной деятельности в вузе различают портфолио образовательное и портфолио профессиональное [4].

Метод проблемного изложения – метод, при котором педагог, используя самые различные источники и средства, прежде чем излагать материал, ставит проблему, формулирует познавательную задачу, а затем, раскрывая систему доказательств, сравнивая точки зрения, различные подходы, показывает способ решения поставленной задачи. Студенты как бы становятся свидетелями и соучастниками научного поиска.

Метод проектов – система обучения, при которой учащиеся приобретают знания и умения в процессе планирования и выполнения постепенно усложняющихся практических заданий-проектов.

Научно-исследовательская работа студентов, встроенная в учебный процесс – такие работы выполняются в соответствии с учебными планами и программами учебных дисциплин в обязательном порядке; к данному виду научно-исследовательской деятельности студентов относится самостоятельное выполнение аудиторных и домашних заданий с элементами научных исследований под методическим руководством преподавателя; результаты всех видов научно-исследовательской деятельности студентов, встроенной в учебный процесс, подлежат контролю и оценке со стороны преподавателя.

Проблемное обучение – 1) технология, направленная в первую очередь на «возбуждение интереса». Обучение заключается в создании проблемных ситуаций, в осознании и разрешении этих ситуаций в ходе совместной деятельности обучающихся и преподавателя при оптимальной самостоятельности студентов и под общим направляющим руководством преподавателя; 2) активное развивающее обучение, основанное на организации поисковой деятельности обучаемых, на выявлении и разрешении ими реальных жизненных или учебных противоречий. Возможны три уровня проблемности в учебном

процессе: проблемное изложение, частично-поисковый и исследовательский уровни.

Практико-ориентированные проекты – особенность данного типа проектов состоит в предварительной постановке чёткого, значимого для студента, имеющего практическое значение результата, выраженного в материальной форме: подготовка журнала, газеты, хрестоматии, видеофильма, компьютерной программы, мультимедиа продуктов и т.д. Для данного типа проектов характерен жёсткий контроль со стороны координатора и автора проекта.

Творческие проекты – их особенность заключается в том, что они не имеют заранее определённой и детально проработанной структуры. В творческом проекте преподаватель (координатор) определяет лишь общие параметры и указывает оптимальные пути решения задач. Необходимым условием творческих проектов является чёткая постановка планируемого результата, значимого для студентов. Специфика такого проекта предполагает интенсивную работу студентов с первоисточниками, с документами и материалами, зачастую противоречивыми, не содержащими готовых ответов. Творческие проекты стимулируют максимальную активизацию познавательной активности обучаемых, способствуют эффективной выработке навыков и умений работы с документами и материалами, умений анализировать их, делать выводы и обобщения.

Лекция-визуализация – при чтении лекции-визуализации соблюдается принцип наглядности; лекция представляет собой информацию, преобразованную в визуальную форму. Видеоряд, будучи воспринятым и осознанным, может служить опорой адекватных мыслей и практических действий. Видеоряд должен не только иллюстрировать устную информацию, но и сам быть носителем содержательной информации. Наглядность может быть выражена в разных формах: натуральные материалы, изобразительные (слайды, рисунки, фото), символические (схемы, таблицы). Важно соблюдать: визуальную логику и ритм подачи материала, дозировку, стиль общения [1–3].

На рисунке 2 представлена блок-схема реализации УМК для ТКМ.

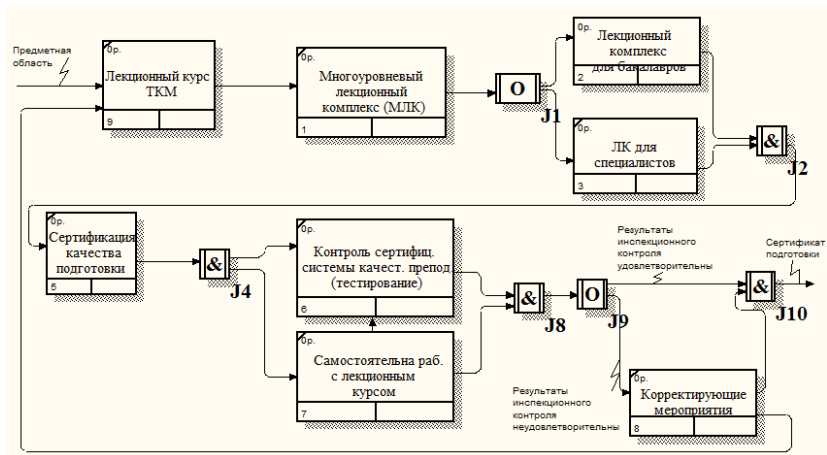


Рисунок 2 – Блок-схема реализации многоуровневого образовательного процесса для ТКМ

Представленная блок-схема включает в себя процесс разработки УМК для многоуровневого образовательного процесса и контроля результатов.

Библиографический список:

1. Сергеева С.В., Воскресенко О.А. Концепция развития непрерывного образования в техническом ВУЗе как многоуровневом образовательном комплексе // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. URL: www.science-education.ru/115-11257.
2. Лаврентьев Г.В., Лаврентьева Н.Б. Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов. URL: <http://www2.asu.ru/cppkp/index.files/ucheb.files/innov/Part1/chapter1/1.html>.
3. Иванов Г.Н., Сизова Е.И. Материаловедение и технологическая наследственность / Сб. трудов Всероссийского совещания заведующих кафедрами материаловедения и технологии конструкционных материалов // НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Н.Новгород, 2014. С. 88–93.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ»

Иванова В.А., канд. техн. наук, доц.

Ярославский государственный технический университет

В соответствии с ФЗ № 273 «Об образовании в Российской Федерации», основная образовательная программа представляет собой учебно-методическую документацию, определяющую объем и содержание образования определенного уровня и определенной направленности (профиля), планируемые результаты освоения образовательной программы, условия образовательной деятельности, включая нормативные затраты оказания государственных услуг по реализации образовательной программы [1]. Рассматривая уровни высшего образования, необходимо еще раз подчеркнуть, что высшее образование является вторым, третьим и четвертым уровнем профессионального образования (2-ой уровень – бакалавриат, 3-ий – магистратура, специалитет, 4-ый уровень – подготовка кадров высшей квалификации) [1]. Если говорить о направлениях подготовки, то профиль (направленность) образования ориентирует образовательную программу на конкретные области знания и (или) виды деятельности, определяя ее предметно-тематическое содержание, преобладающие виды учебной деятельности обучающегося и требования к результатам освоения образовательной программы.

К основным образовательным программам относятся [1]:

- основные общеобразовательные программы;
- основные профессиональные образовательные программы;
- основные программы профессионального обучения.

Программы бакалавриата, специалитета и магистратуры относятся к основным профессиональным образовательным программам. В состав основной образовательной программы входят такие документы, как учебный план, календарный учебный график, рабочие программы учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей) и иных компонентов.

Основные профессиональные образовательные программы разрабатываются в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами [2]. Федеральный государственный образовательный стандарт – это совокупность обязательных требований к образованию определенного уровня и (или) к профессии, специальности и направлению подготовки, утвержденных федеральным

органом исполнительной власти, осуществляющего функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере образования.

В настоящее время разработаны проекты федеральных государственных образовательных стандартов по направлению подготовки «Материаловедение и технологии материалов» - 22.03.01 (уровень бакалавриата) и 22.04.01 (уровень магистратуры). Проведем сравнительную характеристику проектов федеральных государственных образовательных стандартов по направлению подготовки «Материаловедение и технологии материалов» по уровням бакалавриата и магистратуры (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика проектов федеральных государственных образовательных стандартов

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (уровень бакалавриата)	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов (уровень магистратуры)
1	2
Квалификация	
Академический или прикладной бакалавриат	Магистратура
Форма обучения – очная, заочная, очно-заочная	
Область профессиональной деятельности	
разработка, исследование, модификация и использование (обработка, эксплуатация и утилизация) материалов неорганической и органической природы различного назначения; процессы их формирования, формо- и структурообразования; превращения на стадиях получения, обработки и эксплуатации (для академического бакалавриата)	
процессы получения материалов, заготовок, полуфабрикатов, деталей и изделий, а также управление их качеством для различных областей техники и технологии (машиностроения и приборостроения, авиационной и ракетно-космической техники, атомной энергетики, твердотельной электроники, наноиндустрии, медицинской техники, спортивной и бытовой техники) (для прикладного бакалавриата)	
Объекты профессиональной деятельности	
основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвердых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий; методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик (для академического бакалавриата)	

Окончание таблицы 1

1	2
технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами; нормативно-техническая документация и системы сертификации материалов и изделий, технологических процессов их получения и обработки; отчетная документация, записи и протоколы хода и результатов экспериментов, документация по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности (для прикладного бакалавриата)	
Виды профессиональной деятельности	
научно-исследовательская и расчетно-аналитическая; производственная и проектно-технологическая; организационно-управленческая	
Структура программы	
Дисциплины (204–210 – 189-198 ЗЕ) Практики (21–33 – 33–45 ЗЕ) Государственная итоговая аттестация (6–9 ЗЕ)	Дисциплины (55–70 ЗЕ) Практики, в т. ч. НИР (41–56 ЗЕ) Государственная итоговая аттестация (6–9 ЗЕ)
Содержание базовой части блока 1 «Дисциплины»	
Обязательные дисциплины: «Философия», «История», «Иностранный язык», «Безопасность жизнедеятельности», «Физическая культура», «Прикладная физическая культура».	Нет
Способы организации проведения практики	
Нет	Непрерывно, дискретно, по периодам проведения практики
Требования к кадровым условиям реализации программ	
Доля штатных преподавателей, не менее, %	
50	60
Доля преподавателей, имеющих ученую степень, не менее, %	
70	80
Требование к финансовым условиям реализации программ	
Соотношение численности преподавателей и студентов	
очная форма обучения – 1:8; очно-заочная форма обучения – 1:10; заочная форма обучения – 1:12	очная форма обучения – 1:4; очно-заочная форма обучения – 1:6; заочная форма обучения – 1:8

Анализ федеральных государственных образовательных стандартов по направлению подготовки «Материаловедение и технологии материалов» (табл. 1) свидетельствует, что область и объекты профессиональной деятельности выпускников магистратуры включают область и объекты профессиональной деятельности для академического и прикладного бакалавриата. Структура программы магистратуры

усилена большим объемом практик, в том числе НИР, которые можно проводить различными способами.

При разработке основной образовательной программы с учетом выбранного вида (видов) деятельности и направленности (профиля) должны учитываться положения соответствующих профессиональных стандартов. При этом необходимо учитывать, что направлению подготовки может соответствовать [2]:

- один профессиональный стандарт, имеющий одинаковое с программой или синонимичное название;
- часть профессионального стандарта, например, одна из трудовых функций;
- несколько профессиональных стандартов, отражающих специфику деятельности.

Перечень профессиональных стандартов (выборочно), содержащих ссылку на направление подготовки «Материаловедение и технологии материалов», представлен в таблице 2. Применяя различные профессиональные стандарты при разработке основных образовательных программ, формируется направленность (профиль) по направлению «Материаловедение и технологии материалов».

Таблица 2 – Перечень профессиональных стандартов, содержащих требования к высшему образованию по направлению «Материаловедение и технологии материалов» (выборочно)

Наименование профессионального стандарта	Требования к высшему образованию	Уровень квалификации
1	2	3
Специалист в области материаловедческого обеспечения технологического цикла производства объемных нанокерамик, соединений, композитов на их основе и изделий из них. Рег. номер 28, утв. Минтруда РФ от 11 апреля 2014 г № 249	Специалитет и магистратура	Уровень 7
Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них. Рег. номер 22, утв. Минтруда РФ от 03 февраля 2014 г № 72н	Специалитет и магистратура	Уровень 7
Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства изделий с наноструктурированными керамическими покрытиями. Рег. номер 87, утв. Минтруда РФ от 11 апреля 2014 г № 249н	Специалитет и магистратура	Уровень 7

Окончание таблицы 2

1	2	3
Специалист по автоматизации и механизации технологических процессов термического производства. Рег. номер 386, утв. Минтруда РФ, от 25 декабря 2014 г №1146н	Бакалавриат	Уровень 6
	Специалитет и магистратура	Уровень 7
Специалист по внедрению и управлению производством полимерных наноструктурированных пленок. Рег. номер 180, утв. Минтруда РФ от 10 июля 2014 № 451н	Бакалавриат	Уровень 6
	Специалитет и магистратура	Уровень 7
Специалист по внедрению новой техники и технологий в термическом производстве. Рег. номер 398, утв. Минтруда РФ от 25 декабря 2014 г. № 1141н	Бакалавриат	Уровень 6
	Специалитет и магистратура	Уровень 7
Специалист по инструментальному обеспечению термического производства. Рег. номер 399, утв. Минтруда РФ от 25 декабря 2014 г № 1155н	Бакалавриат	Уровень 5
	Специалитет и магистратура	Уровень 6
	Специалитет и магистратура	Уровень 7
Специалист по контролю качества термического производства. Рег. номер 397, утв. Минтруда РФ от 25 декабря 2014 г № 1140н	Бакалавриат	Уровень 5
	Магистратура	Уровень 6
	Специалитет и магистратура	Уровень 7
Специалист по металлоконструкциям в автомобилестроении. Рег. номер 227, утв. Минтруда РФ от 21 ноября 2014 № 928н	Бакалавриат	Уровень 4
	Специалитет и магистратура	Уровень 5
Специалист по наладке и испытаниям технологического оборудования термического производства. Рег. номер 278, утв. Минтруда РФ от 11 декабря 2014 г. № 1010н	Бакалавриат	Уровень 6
	Специалитет и магистратура	Уровень 7

подготовки «Материаловедение и технологии материалов», например, материаловедение и технологии материалов в строительстве, в медицине, в нефтеперерабатывающей промышленности, наноматериалы и нанотехнологии и т.д.

Проанализировав нормативную правовую документацию в области основных образовательных программ по направлению «Материаловедение и технологии материалов», можно сделать вывод, что при разработке основных образовательных программ вузы могут использовать широкий спектр требований профессиональных стандартов, формируя тем самым соответствующие профили.

Библиографический список:

1. № 273-ФЗ «Об образовании в российской Федерации» от 21 декабря 2012 года (с изм. от 02.05.2015).

2. Методические рекомендации по разработке основных профессиональных образовательных программ и дополнительных профессиональных программ с учетом соответствующих профессиональных стандартов. Утв. Министром образования и науки Российской Федерации от 22 января 2015 года № ДЛ-1/0,5вн.

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ ФАСАДНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОВЫШЕННЫМИ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Кожухова М.И., канд. техн. наук,

Ищенко А.В., аспирант,

Угримов Д.Г., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В настоящее время среди широкого ассортимента материалов, применяемых в строительной индустрии, важную роль играют фасадные системы, так как они являются одной из составляющих архитектурного и городского облика. В связи с этим для сохранения своего эстетического вида материалы, применяемые для фасадной отделки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды, обладать повышенными защитными характеристиками, самоочищающимися свойствами [1].

Поскольку жизнеспособность фасадов часто определяется нахождением их в водной среде, логичным является предположение, что стойкость фасадных материалов во многом зависит от свойств поверхности по отношению к воде, т.е. важным является приданием материалу гидрофобности. Под гидрофобностью материала понимается его способность отталкивать воду и зависит от химического состава и морфологии поверхности (микро- и наноструктурная морфология) [2, 3].

В качестве гидрофобных защитных покрытий используются полимерные материалы, такие как нейлон, полиамиды, кевлар, арамидные, полиэфирные и эпоксидные смолы, которые широко применяются в строительной индустрии для придания водоотталкивающих и защитных характеристик материалам минерального происхождения. Среди наиболее распространенных и эффективных гидрофобизаторов для материалов строительного назначения, в частности, цементобетонов следует выделить кремнийорганические соединения (КОС). Их эффективное применение доказано учеными как отечественных, так и зарубежных школ. КОС во время поверхностной обработки материала фиксируются в порах и капиллярах за счет формирования хемосорбционных связей. Данные соединения также являются эффективными с точки зрения экологического аспекта, поскольку они не вызывают корродирования

металлических конструкций, не выделяют вредоносных паров и являются физиологически безопасными [4].

Необходимо отметить, что для достижения самоочищающихся свойств данных поверхностей при использовании гидрофобизирующих агентов важным является формирование поверхностей с высокогидрофобными свойствами, поверхностное натяжение которых достаточно высоко. Примером таких поверхностей является эффект листа лотоса.

В середине 70-х гг. прошлого века немецкими учеными-ботаниками Боннского университета Вильгельмом Бартхлотом и Кристофом Найнуйсом было открыто явление самоочистки листьев и цветков некоторых растений, которое впоследствии было запатентовано и названо в честь наиболее яркого представителя таких растений – Lotus-effect (эффект лотоса) [5]. Явление самоочистки детально исследовалось учеными и позволило открыть удивительные возможности природы защищаться не только от грязи, но также и от различных микроорганизмов.

Исследователями было обнаружено, что особая структура поверхности листьев и цветков в виде «шипов» формируется за счет воскоподобного вещества, которое представляет собой смесь высших жирных кислот и эфиров (рис. 1).

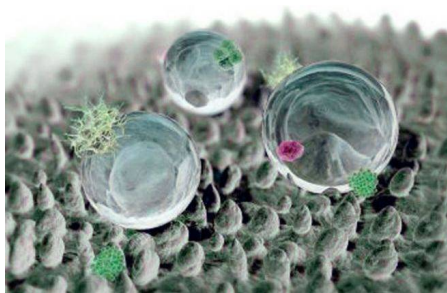


Рисунок 1 – Поверхность листа лотоса под электронным микроскопом

Изучив условия, в которых проявляется «эффект лотоса», ученые смогли объяснить, как он реализуется. Вода, попадая на поверхность покрытых ворсинками листьев, не может растечься и остается в виде шарика. Частицы грязи, слабо сцепленные с «остриями» ворсинок,

соединяются с гладкой поверхностью капли. Капля же, стекая с листа уносит с собой и загрязнения (рис. 2).

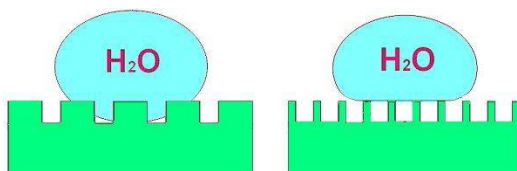


Рисунок 2 – Капля воды на гладкой (слева) и шероховатой (справа) поверхностях

Лотос-эффект основан на известных физико-химических явлениях и не привязан только к живым системам. Это дает возможность технически воспроизвести самоочищающиеся поверхности для различных материалов и покрытий. Именно поэтому в последнее время проводятся интенсивные исследования по разработке и производству самоочищающихся или устойчивых к загрязнению изделий и покрытий в самых различных отраслях экономики. В практике существует уже достаточно большое количество материалов, подложкой которых является стекло, керамика, металл, которые уже имеют практическое применение [6].

В случае же с гетерогенными композиционными материалами, такими как бетон, достижение данного эффекта для бетонных материалов только начинает развиваться. Ранее были предложены принципы формирования антиобледенительного покрытия для мелкозернистого бетона со сверх- и супергидрофобными свойствами поверхности, заключающиеся в создании комплексного защитного слоя: поверхность бетона с иерархической структурой и гидрофобная эмульсия. Микро- и макрошероховатость формируется за счет естественной морфологии бетонной поверхности и ворсистой структуры верхнего слоя мелкозернистого бетона с добавлением фибры, а также гидрофобного силоксанового компонента, входящего в состав эмульсии [7]. Однако недостатком в данной работе является применение полимерной фибры для создания шероховатой поверхности. Она не имеет адгезии к бетонной матрице и ее использование экономически нецелесообразно. Также данный вид фиброволокна довольно износостойкий, что наиболее актуально для дорожных материалов.

В случае же разработки стеновых фасадных отделочных материалов таких требований к износостойкости не предъявляется. Поэтому для создания материалов с высокой гидрофобной поверхностью необходимо искать более дешевые аналоги фибр, которые бы имели адгезию к бетонной матрице. Т.к. стеновые материалы перед нанесением гидрофобизирующего состава будут подвергаться абразивной обработке, фибра должна быть достаточно прочной, а также химически стойкой. Одним из таких материалов является базальтовое волокно.

Базальтовая фибра – это натуральное волокно, полученное из природного минерала. Добавление базальтовой фибры в бетон позволяет повысить его прочностные характеристики. Это химически инертное волокно с идеальной адгезией к бетону. Уникальные свойства базальтового волокна обеспечивают высокий модуль упругости, термостойкость (благодаря абсолютной негорючести), химическую стойкость к микроорганизмам, щелочным и кислым средам, вибрационную стойкость. Основные преимущества базальтофибробетона: трещиностойкость (количество усадочных трещин снижается до 90 %), повышение ударной прочности до 500 %, водопроницаемости до 50 %, прочности бетона при растяжении до 30 %, морозостойкость до 500 циклов, высокая коррозионная стойкость. Фибра вводится в бетон на стадии производства бетонной смеси, выполняя функции армирующего компонента, происходит совместимость со всеми типами химических добавок и быстрое распределение волокон по всему объему смеси без комкования [8, 9].

Таким образом, использование в качестве минерального волокна базальтовой фибры при разработке фасадных материалов с повышенными защитными характеристиками позволит увеличить срок службы материала, повысить эстетические качества и внешний облик здания в целом, оставаясь физиологически безопасным для человека и экологически безвредным для природы.

Библиографический список:

1. Авраменко А.С., Лучкова В.И. Образные и функциональные трансформации зданий в среде современного города // Новые идеи нового века – 2010: мат. Десятой междуна. научн. конф. ИАС ТОГУ: в 2 т. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2010. Т. 1. С. 204–211.
2. Liu Y. Super hydrophobic surfaces from a simple coating method: A bionic nanoengineering approach // Nanotechnology. 2006. № 17. P. 3259–3263.

3. Строкова В.В., Евстратов А.А., Огурцова Ю.Н., Кожухова Н.И., Бондарева Е.Н. Перспективы производства и применения самоочищающихся строительных материалов в России // Научные технологии и инновации: сб. докладов Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч. 3. С. 342–346.

4. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: Технопроект, 1998. 768 с.

5. Балабанов В.И. Нанотехнологии. Наука будущего. М.: Эксмо, 2009. 248 с.

6. Соловьева Л.К., Аниканова Л.А. Наномодифицированные краски с «эффектом лотоса» // Перспективные материалы в технике и строительстве (ПМТС-2015): мат. II Всероссийской науч. конф. молод. ученых с международ. участием. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2015. С. 524–527.

7. Кожухова М.И. Антиобледенительное покрытие для мелкозернистого бетона: Автореф. дис. канд. техн. наук. Белгород, 2014. 16 с.

8. Кондрашов Г.М., Гольдштейн Б.М. Базальтофибробетон – технология будущего // Вестник Волгоградского государственного университета. 2012. Сер. 10. № 7. С. 91–92.

9. Бабаев В.Б., Строкова В.В., Нелюбова В.В. Базальтовое волокно как компонент для микроармирования цементных композитов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 58–61.

УЛУЧШЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЖАРОИЗНОСОСТОЙКИХ ЗА СЧЕТ ОБРАБОТКИ ИХ РАСПЛАВОВ КАЛЬЦИЙ-СТРОНЦИЕВЫМ КАРБОНАТОМ

Колокольцев В.М., д-р техн. наук, проф.,
Петроченко Е.В., д-р техн. наук, проф.,

Михайлов А.В., студент
*Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова*

Возрастающие требования к качеству, повышение механических и эксплуатационных свойств изделий в металлургии и машиностроении требуют разработки новых эффективных способов управления процессами структурообразования при получении изделий, так как именно структура материала определяет его свойства. Применяемые в металлургии и машиностроении комплексно-легированные белые чугуны (КЛБЧ) отличаются сравнительно низкой себестоимостью и высокими потребительскими свойствами [1–10].

Одним из основных и наиболее эффективных методов, способствующих улучшению механических и технологических свойств сплавов, является модифицирование. Этот метод известен давно и широко применяется при производстве чугунного и стального литья [11–15].

С целью изучения влияния кальций-стронциевого карбоната на структуру и свойства белых чугунов следующих систем легирования: Cr-Mn-Ni-Ti (220X18Г4НТ), Cr-Ni-Ti-Nb-B (ИЧ270Х24НТБР), Cr-Ni (ИЧХ28Н2) были выбраны его добавки в опытных плавках 1, 3, 5, 6, 7 и 9 кг/т. Плавку проводили в индукционной печи. Чугуны заливали в кокиль, песчано-глинистую сухую и сырую формы.

Экспериментальные данные по свойствам представлены на рисунке 1.

Обработка чугунов карбонатом приводит к увеличению показателей свойств [14, 16, 17]. Влияние добавки носит экстремальный характер. Максимальные показатели свойств для чугунов ИЧ220Х18Г4НТ и ИЧ270Х24НТБР наблюдаются при добавлении карбоната до 5 кг/т, а для чугуна ИЧХ28Н2 – до 6 кг/т.

Структура чугунов до и после обработки карбонатом состоит из избыточных дендритов аустенита, карбидов и аустенитохромистокарбидной эвтектики розеточного строения. Количество той или иной составляющей зависит от типа формы и доли карбоната.

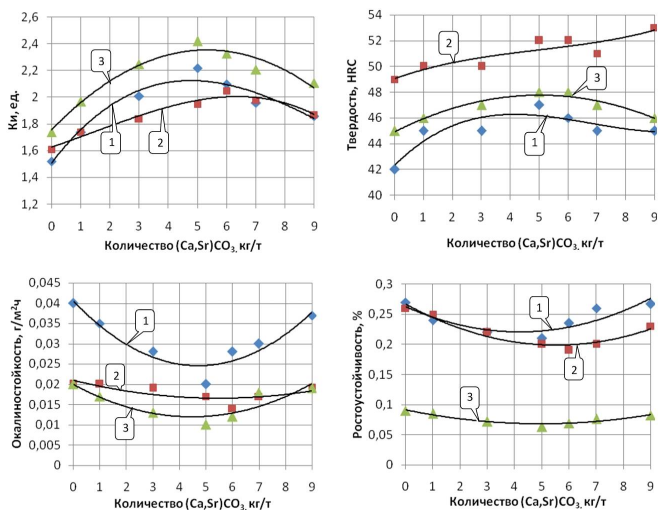


Рисунок 1 – Влияние (Ca,Sr)CO₃ на свойства чугунов:
 1 – ИЧ220Х18Г4НТ; 2 – ИЧХ28Н2; 3 – ИЧ270Х24НТБР, залитых в сырую ПГФ

Так с увеличением теплоаккумулирующей способности формы снижается количество и размеры дендритов первичного аустенита, растет микротвердость металлической основы (с 540 до 800 НВ) и эвтектики (с 610 до 900 НВ), дисперсность и объемная доля аустенитокарбидной эвтектики.

Микроструктура чугуна ИЧ220Х18Г4НТ до и после обработки карбонатом в количестве 5 кг/т представлена на рисунке 2.

В микроструктуре чугуна ИЧ220Х18Г4НТ до обработки карбонатом, комплексные карбиды типа (Ti,Cr,Fe,Mn)C различной формы: вытянутые – неправильной формы; правильные – четырехугольной формы; близкие к компактной. Карбиды располагаются неравномерно, отдельными группами. Площадь карбидов колеблется от 1 до 55 мкм² в зависимости от типа формы (соответственно 1 мкм² – кокиль, 55 мкм² – ПГФ сухая, среднее значение – ПГФ сырая). При введении оптимального количества карбоната 5 кг/т карбиды становятся дисперсными, глобулярной формы, равномерно располагаются по плоскости шлифа. Площадь карбидов от

0,2 до 22 мкм². Это приводит к повышению износостойкости. Дальнейшее увеличение количества введенного карбоната до 9 кг/т, приводит к укрупнению и росту карбидов, т.е. к огрублению структуры, что снижает износостойкость чугунов. Таким образом происходит снижение модифицирующего эффекта, называемого перемодифицированием или «старением» модифицирующего эффекта.

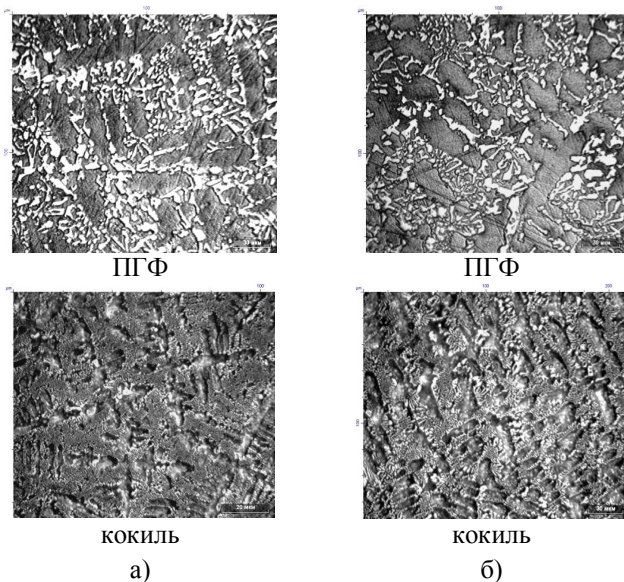


Рисунок 2 – Микроструктура чугуна ИЧ220Х18Г4НТ:
а) – не модифицированного; б) – модифицированного $(Ca, Sr)CO_3$
в количестве 5 кг/т

При добавке 1 кг/т $(Ca, Sr)CO_3$ микротвердость карбидов хрома увеличивается с 1040 до 1300 HV. При добавлении 5 кг/т микротвердость карбидов хрома увеличивается до 1360 HV. Повышение доли добавки до 9 кг/т приводит к падению микротвердости до 1195 HV. При увеличении количества введенного $(Ca, Sr)CO_3$ на тонну расплава с 1 кг до 9 кг микротвердость металлической основы и эвтектики непрерывно растут с 540,97 до 736,5 HV и с 609,25 до 780,9 HV соответственно. Одновременно происходит непрерывный рост количества и дисперсности эвтектики, а количество и размеры

дендритов аустенита уменьшаются. Несмотря на увеличение количества эвтектики, происходит уменьшение износостойкости при введении карбоната свыше 5 кг/т, что связано с изменениями характеристик карбидной фазы, отмеченных выше.

В результате проведенных исследований было установлено, что обработка чугунов кальций-стронциевым карбонатом приводит к увеличению показателей свойств. Максимальные показатели свойств для чугунов ИЧ220Х18Г4НТ и ИЧ270Х24НТБР наблюдаются при добавлении карбоната до 5 кг/т, а для чугуна ИЧХ28Н2 – до 6 кг/т.

Библиографический список:

1. Ри Э.Х., Ри Хосен, Колокольцев В.М., Петроченко Е.В. и др. Комплексно-легируемые белые чугуны функционального назначения в литом и термообработанном состояниях. Владивосток: Дальнаука, 2006. – 275 с.
2. Емелюшин А.Н., Мирзаев Д.А., Мирзаева Н.М., Петроченко Е.В. и др. Металловедение, физика и механика применительно к процессу обработки графитированных материалов. Структура и износостойкость инструментов; Под общ. редакцией А.Н. Емелюшина и Д.А. Мирзаева: Монография. Магнитогорск: МГТУ, 2002. 200 с.
3. Колокольцев В.М., Петроченко Е.В., Воронков Б.Н. Комплексно-легируемые белые износостойкие чугуны. Челябинск: Печатный салон «Издательство РЕКПОЛ», 2005. 178 с.
4. Kolokoltsev V.M., Petrochenko E.V. Structure Feature And Properties Of High-Alloy White Irons. Vestnik Of Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2013. № 5 (45), 2013. pp. 5–8.
5. Колокольцев В.М., Петроченко Е.В., Миронов О.А. Влияние химического состава на формирование структуры и свойств жароизносостойких чугунов // Известия вузов. Черная металлургия. 2007. № 3. С. 44–47.
6. Петроченко Е.В., Молочкова О.С. Изыскание составов жароизносостойких комплексно-легируемых белых чугунов // Известия вузов. Черная металлургия. 2009. № 8. С. 31–34.
7. Петроченко Е.В., Молочкова О.С. Анализ взаимосвязи химического состава, условий охлаждения при затвердевании с особенностями строения сплавов, окисленной поверхности и свойствами комплексно-легируемых белых чугунов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. № 4 (36). С. 50–53.

8. Колокольцев В.М., Петроченко Е.В., Молочков П.А. Структура и износостойкость хромованадиевых чугунов // Известия вузов. Черная металлургия. 2004. №7. С. 25–28.

9. Sain P.K., Sharma C.P., Bhargava A.K. Microstructure Aspects of a Newly Developed, Low Cost, Corrosion-Resistant White Cast Iron, Journal Metallurgical and Materials Transactions A. 2013. Vol. 44F. pp. 1665–1671.

10. Yoganandh J., Natarjan S., S.P. Kumaresh Babu. Erosive Wear Behavior of Nickel-Based High Alloy White Cast Iron Under Mining Conditions Using Orthogonal Array // Journal of Materials Engineering and Performance, Vol. 22 (9), 2013, pp. 2534–2540.

11. Гольдштейн Я.Е., Мизин В.Г. Инокулирование железоуглеродистых сплавов. М.: Металлургия, 1993. 416 с.

12. Колокольцев В.М., Петроченко Е.В., Соловьев В.П., Цыбров С.В. Специальные чугуны. Литье, термическая обработка, механические свойства: учеб. пособие под ред. Колокольцева В.М. Магнитогорск: МГТУ, 2009. 187 с.

13. Колокольцев В.М., Петроченко Е.В., Молочков П.А. Комплексное воздействие на структуру белых износостойких чугунов с целью повышения эксплуатационной стойкости отливок // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2004. № 4. С. 23–29.

14. Колокольцев В.М., Петроченко Е.В. Металлургические и металловедческие аспекты повышения функциональных свойств литых изделий из белых чугунов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 4 (48). С. 87–98.

15. Колокольцев В.М., Миронов О.А., Петроченко Е.В. Повышение свойств жароизносостойкого чугуна рафинированием и модифицированием // Литейное производство. 2007. № 3. С. 2–5.

16. Колокольцев В.М., Петроченко Е.В., Шевченко А.В., Гольцов А.С. Влияние микролегирования и модифицирования на свойства жароизносостойких чугунов // Труды 9 съезда литейщиков России. Уфа. 2009. С. 12–15.

17. Колокольцев В.М., Шевченко А.В. Повышение свойств отливок из чугунов специального назначения путем рафинирования и модифицирования их расплавов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. № 1. С. 23–29.

О МЕЖВУЗОВСКОМ СОТРУДНИЧЕСТВЕ КАФЕДР ПО НАУЧНЫМ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИМ ПРОБЛЕМАМ

¹Курганова Ю.А., д-р техн. наук, доц.,

¹Помельникова А.С., д-р техн. наук, проф.,

²Фетисов Г.П., канд. техн. наук, проф.,

²Курашкина О.Ю., студент

¹*Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана*

²*Московский авиационный институт*

(Национальный исследовательский университет)

Одной из далеко не второстепенных задач деятельности НМС является организация сотрудничества между собой кафедр, как материаловедения, так и технологии, разных вузов. Можно привести не один пример такого сотрудничества, об эффективности которого и пользе, нам всем известно.

Это объясняется и возможностью проведения исследований, используя совместную экспериментальную технику кафедр разных вузов, что, несомненно, обогащает их качество и глубину. Но главное – в объединении усилий научных кадров над решением сложных проблем.

Некоторые результаты сотрудничества кафедр «Технология конструкционных материалов» и базовой кафедры «Авиационные материалы и технологии в медицине» МАИ и кафедры «Материаловедение» МГТУ имени Баумана, проводимого в плане более широкого взаимодействия этих замечательных университетов страны, представлены ниже.

Одной из актуальнейших проблем являются исследования в области композиционных материалов. Научный руководитель этого направления профессор Курганова Ю.А. не только занималась решением частных задач, но и вопросами прогнозирования, использования и производства этих материалов, прежде всего, для авиационно-космической техники. В одной из публикаций было отмечено, что один из новейших методов, применяемых для определения долгосрочных перспектив развития проектов, в том числе промышленных, является форсайттинг. Данный метод существенно упрощает достижение поставленных целей путем их оптимизации и позволяет определить успешность проекта в данном случае, масштабное использование композиционных материалов наряду с традиционными материалами на примере авиационной техники. Структурирование и

анализ накопленных знаний и практики применения композиционных материалов позволяет обозначить перспективы коммерциализации конечного изделия, выполненного с их использованием. При создании КМ возможно направленное регулирование прочности, жесткости, диапазона рабочих температур и других механических и эксплуатационных свойств, путем подбора состава, изменения соотношения компонентов и методов изготовления. На базе проведенных исследований, была защищена докторская и кандидатские диссертации.

Вторая группа интересов – титановые и некоторые другие сплавы. Область применения титановых сплавов из-за их особых свойств по ряду важнейших параметров (высокая удельная прочность, коррозионная стойкость, удовлетворительная технологичность, биосовместимость и т.д.) привлекают внимание к ним конструкторов и технологов из многих отраслей промышленности.

Профессор А.С. Помельникова увлеклась решением интересной задачи: изучением влияния магнитоимпульсной обработки на поверхностную пористость сплава сендаст и титанового сплава ВТ-23. Было выявлено изменение показателей пористости образцов прецизионного сплава Fe-Si-Al (сендаст) и титанового сплава ВТ-23 под влиянием воздействия магнитоимпульсных полей. Впервые экспериментально изучалось влияние слабых (10–100 кА/м) низкочастотных (10–20 Гц) импульсных магнитных полей на поверхностную пористость на указанные выше сплавы. Магнитоимпульсную обработку проводили при атмосферном давлении и температуре 20 °С. Режимы обработки задавали, изменяя количество импульсов магнитного поля. После МИО образцы выдерживали не менее 7 суток для исключения эффектов, склонных к релаксации. В результате обработки уменьшается площадь поверхности пор и суммарный объем пор (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты определения удельной поверхности, суммарного объема и радиуса пор образцов сплава ВТ-23

№ образца	Число импульсов	Удельная поверхность, S, м ² /г	Суммарный объем пор, V, см ³ /г	Средний радиус пор, r, Å
1	0	1,247	0,0030	16,41
	10	1,143	0,0027	16,40
2	0	1,300	0,0032	16,38
	10	0,935	0,0025	16,40

В итоге был предложен механизм, объясняющий это явление. По данной тематике защищена кандидатская диссертация.

Идея модификации поверхности титанового сплава в МАИ (рук. Фетисов Г.П.) проводилась с целью повышения его биосовместимости. Известно, что титановые сплавы широко используются для изготовления эндопротезов суставов, а также в травматологии. Показатели биосовместимости титана хорошие, однако, возможность нежелательной тканевой реакции организма составляет 10 из 100.

Нанесение ионноплазменным методом покрытия, рекомендованного нами состава, обеспечила снижение риска отторжений до 3 из 100 (табл. 2).

Таблица 2 – Индекс биоактивности

	Сталь без покрытия	Zr	ZrN	ZrC _x O _a	Nb	NbN	NbC _x O _a	Ti
Индекс биоактивности (по №№1-9)	16,8	4	5	3	6	4	12,5	9,5

Подробности научных результатов будут представлены в докладе.

Общим для всех этих примеров сотрудничества является наличие совместных публикаций. Однако, не менее важным, было участие в обсуждении результатов исследования, поддержке аспирантов, совместное заслушивание предварительных их докладов, включение аспирантов в число участников научных конференций.

Следует назвать и чисто организационное сотрудничество. Так председателем ГАК по защите диссертаций МАИ является Курганова Ю.А., а его членом – Помельникова А.С. В числе магистров на кафедре МАИ учится выпускник МГТУ им Баумана.

Благодаря сотрудничеству, мы оказываем помощь друг другу не только в тандеме МАИ – МГТУ, но и не менее тесное взаимодействие проходит по линии МАИ – СГТУ (Саратов), МАИ – НГТУ (Нижний Новгород), МАИ – УГТУ (Уфа) и с рядом других университетов.

Следует надеяться, что проходящее совещание заведующих кафедрами, проводимое под эгидой НМС будет способствовать еще большему углублению и расширению так необходимых деловых связей наших кафедр.

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ РАЗМЕШИВАНИЯ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ОТЛИВКИ

**Любимый Н.С., аспирант,
Чепчуров М.С., д-р техн. наук, проф.,
Никольская В.Е., магистрант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

На сегодняшний день при проектировании любой металлополимерной композиции следует учитывать различные технологические факторы, которые могут повлиять на структуру получаемого материала и существенно изменить его физико-механические характеристики.

Качество поверхности отливки оказывает огромное влияние на качество формообразующей поверхности пресс-форм [1, 2], а, следовательно, и на качество конечного продукта.

Авторами статьи был проанализирован один из факторов, влияющих на качество формообразующей поверхности пресс-формы, как время размешивания.

Для проведения эксперимента были подготовлены 4 пластиковые трапециевидные формы, устройство механизации замешивания с электрическим приводом и металлическая двухлопастная лопатка для замешивания. В соответствии с рекомендованными пропорциями [3, 4] была приготовлена композиция и залита в идентичные по форме и размерам формы с различным временем замешивания (5, 10, 15, 20 минут), как показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – Формы залитые жидким металлополимерным составом с различным временем замешивания

После отверждения металлополимерного состава в течении 24 часов, отливки были извлечены из форм, полученная поверхность показана на рисунке 2.



Рисунок 2 – Поверхность металлополимерной отливки при различном времени замешивания композитного состава

Необходимо отметить, что при получении отливок, форма была обезжирена и высушена, разделяющая смазка не применялась. Благодаря значительным литейным уклонам формы, гладкости поверхности формы, а также тому что форма была тонкостенной и имела возможность деформации, отливки были извлечены из неё без особых усилий.

Для оценки качества поверхности от времени замешивания металлополимерной композиции представим график количества воздушных раковин на поверхности отливки от времени замешивания состава (рис. 3). На графике видно, что закономерность влияния времени замешивания металлополимерного состава на образование воздушных раковин на поверхности отливки отсутствует.

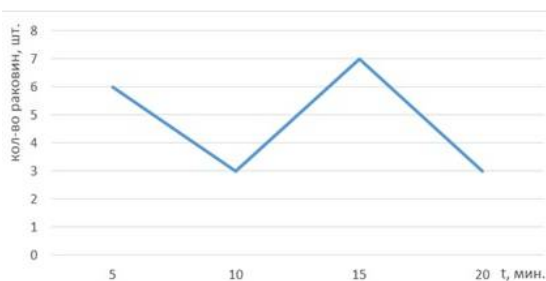


Рисунок 3 – График количества воздушных раковин на поверхности отливки от времени замешивания металлополимерного состава

Опираясь на полученные данные можно сделать вывод, что оптимальное время замешивания металлополимерного состава составляет 3–5 мин. Этого времени достаточно для адгезии наполнителя, отвердителя и разбавителя. Увеличение времени замешивания приводит к сокращению времени нахождения состава в жидком агрегатном состоянии, ухудшению литевых свойств состава связанных с отверждением композиции и как следствие меньшему времени для выхода свободного воздуха из полученного состава.

Результаты исследований, изложенные в статье выполнены в рамках гранта: «Проект ПСР № 2011-ПП- 146», договор № А-7/14 от 10.04.2014 г.

Библиографический список:

1. Чепчуров М.С., Погонин А.А., Схиртладзе А.Г. Модернизация машин для литья термопластов на базе персональных компьютеров // Ремонт, восстановление, модернизация. 2007. № 5. С. 7–14.
2. Пантелеев А.П., Швецов Ю.М., Горячев И.А. Справочник по реконструированию оснастки для переработки пластмасс. М.: Машиностроение, 1986. 399 с.
3. Мини каталог химии WEICON. М.: Изд. Офис ЮМП, 2013. 20 с.
4. Металлополимеры «ЛЕО». М.: ЗАО Металлополимерные материалы ЛЕО, 2013. 33 с.

ВЛИЯНИЕ РАЗДЕЛЯЮЩЕЙ СМАЗКИ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ОТПЕЧАТКА И СЛОЖНОСТЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МОДЕЛИ ИЗ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНОЙ ФОРМЫ

**Любимый Н.С., аспирант,
Чепчуров М.С., д-р техн. наук, проф.,
Тетерина И.А., аспирант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*





В настоящее время при проектировании различных конструкций, машин и приборов используют формы из металлополимерных материалов. Многие механические и физические характеристики полимеров полностью не исследованы до настоящего времени, что сужает область их применения.

Широкое применение металлополимерных форм обусловлено тем, что в отличие от металлов они являются более дешевыми и технологически выгодными при производстве деталей. Литье в металлополимерные формы позволяет полностью воспроизвести поверхности [1, 2], мельчайшие детали и любые текстуры исходной модели.

На сегодняшний день исследуют различные факторы, влияющие на качество поверхности отливки и ее извлечение из формы. Авторами статьи был проведен эксперимент о влиянии разделяющей смазки на качество поверхности отпечатка и сложность извлечения модели из металлополимерной формы.

Для проведения эксперимента были подготовлены 4 пластиковые трапецеидальные формы, обработанные 3 различными разделяющими смазками: полироль PLAK, силиконовый спрей, силиконовый герметик, а также контрольная форма без смазки. Время замешивания металлополимерного состава 20 мин [3, 4]. После заливки жидкого металлополимера в форму были установлены закладные для удобства извлечения отливки из формы. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Вид разделяющей смазки	Качество поверхности	Усилие извлечения отливки из формы	Изображение поверхности отливки
Без смазки	Из всех приведённых образцов, качество поверхности отливки у образца из формы без смазки является наилучшим. На всей поверхности отливки имеется одна воздушная раковина. Качество поверхности оценивается как хорошее.	Извлечение отливки из формы возможно при наличии закладной детали, значительных литейных уклонов формы или разрушении формы.	
Полироль PLAK	На поверхности отливки наблюдается пористость. Качество поверхности среди всех образцов оценивается как неудовлетворительное.	Извлечение отливки из формы было осуществлено без усилий.	
Силиконовый спрей	На поверхности отливки наблюдается мелкая пористость по граням отливки, есть 3 воздушные раковины. Качество поверхности среди всех образцов оценивается как удовлетворительное.	Извлечение отливки из формы было осуществлено без усилий.	
Силиконовый герметик	На поверхности отливки наблюдаются волнообразные отпечатки от неравномерного наложения гелеобразного разделительного материала. Качество поверхности среди всех образцов оценивается как неудовлетворительное.	Извлечение отливки из формы было осуществлено с незначительными усилиями.	

Опираясь на полученные данные можно сделать вывод, что для получения наиболее качественной поверхности отпечатка формы или мастер-модели в металлополимерном составе заливку жидкого металлополимера лучше всего производить без обработки формы или

мастер-модели разделяющим составом, так как применение разделяющего состава способствует образованию на поверхности отливки различных дефектов при незначительном улучшении извлечения мастер-модели из отверждённого металлополимерного состава. При применении разделяющих составов жидкой консистенции, на поверхности отливки образуются мелкие шарообразные поры, а при использовании разделяющих составов более вязких консистенций наблюдается значительное отличие геометрии отливки от мастер-модели. Для удобства извлечения отливки из формы или мастер-модели необходимо обеспечить закладные детали в мастер-модели, обеспечить необходимые литейные уклоны, а также учитывать толщину мастер-модели из расчёта чем тоньше мастер-модель, тем легче её извлечь из отверждённого металлополимера. Так же необходимо учитывать возможность разрушения мастер-модели при извлечении её из отверждённого металлополимера.

Результаты исследований, изложенные в статье выполнены в рамках гранта: «Проект ПСР № 2011-ПП-146», договор № А-7/14 от 10.04.2014 г.

Библиографический список:

1. Чепчуров М.С., Погонин А.А., Схиртладзе А.Г. Модернизация машин для литья термопластов на базе персональных компьютеров // Ремонт, восстановление, модернизация. 2007. № 5. С. 7–14.
2. Пантелеев А.П., Швецов Ю.М., Горячев И.А. Справочник по реконструированию оснастки для переработки пластмасс. М.: Машиностроение, 1986. 399 с.
3. Мини каталог химии WEICON. М.: Изд. Офис ЮМП, 2013. 20 с.
4. Металлополимеры «ЛЕО». М.: ЗАО Металлополимерные материалы ЛЕО, 2013. 33 с.

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВАКУМИРОВАНИЯ ПРИ ОТВЕРЖДЕНИИ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРА НА ЕГО ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ

**Любимый Н.С., аспирант,
Чепчуров М.С., д-р техн. наук, проф.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В современном машиностроении всё большее применение находят металлополимерные составы. Благодаря своим пластичным характеристикам в жидком агрегатном состоянии, а также механическим свойствам в отверждённом состоянии они могут быть использованы для изготовления форм или формообразующих поверхностей для литья различных материалов. Форма, изготовленная из металлополимерного состава будет обладать высокими прочностными характеристиками и термостойкостью [1, 2].

Ряд экспериментов [3], проведённых авторами показал, что при получении отпечатка модели в металлополимерном составе, свободный воздух является наиболее важным компонентом, отрицательно влияющим на качество получаемого отпечатка. Из-за наличия свободного воздуха на поверхности формы образуются неисправимые дефекты – воздушные раковины.

Для применения металлополимерного состава в качестве материала формообразующей поверхности пресс-формы определяющее значение имеет теплопроводность материала, так как в процессе литья термопластов необходимо отводить тепло от поверхности пресс-формы. Очевидно, что материал, который имеет в своей структуре воздух и как следствие является пористым, будет обладать меньшей теплопроводностью по сравнению с материалом в структуре которого воздух отсутствует. В случаях, когда необходима высокая теплопроводность, авторы считают, что отверждение металлополимерного состава необходимо производить в условиях вакуумной среды. Для того чтобы подтвердить положительное влияние вакуумирования на теплопроводность металлополимера, авторами был проведён эксперимент на теплопроводность.

Для эксперимента были подготовлены два кубических образца с длиной грани 20 мм, нагревательный элемент в виде лампы накаливания мощностью 75 Вт, теплоизоляция, секундомер и пирометр. При помощи теплоизоляционного элемента (рис. 1), образцы были установлены на одинаковом расстоянии от нагревательного элемента.



Рисунок 1 – Металлополимерный образец, установленный в теплоизоляционный элемент

После того как образцы были установлены над нагревательным элементом при равных условиях, была включена лампа и с периодичностью 30 секунд производился замер температуры обратной стороны образца. Результаты эксперимента приведены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1

Время нагрева, t	T обр. ВАК °С	T обр. АТМ °С
0	28,9	28,9
30 сек	28,8	29,2
1 мин	30	29,9
1 мин 30 сек	32	31,5
2 мин	34,3	33,3
2 мин 30 сек	37,6	35,9
3 мин	40,6	38,4
3 мин 30 сек	43,6	40,6
4 мин	46	43,7
4 мин 30 сек	49,1	45,7
5 мин	51,4	48
5 мин 30 сек	53,8	50
6 мин	56,4	51,8
6 мин 30 сек	58,1	54,4

Продолжение таблицы 1

7 мин	60,2	56,5
7 мин 30 сек	62,5	58
8 мин	64	60
8 мин 30 сек	65,5	61,4
9 мин	67,6	62,1
9 мин 30 сек	68,8	64,9
10 мин	70,9	65,9
10 мин 30 сек	72,5	67
11 мин	74	68,6
11 мин 30 сек	75,7	70
12 мин	77,2	71,5
12 мин 30 сек	78,4	72
13 мин	80,1	73,7
13 мин 30 сек	81,1	75,3
14 мин	82,2	76,1
14 мин 30 сек	83,5	77,5
15 мин	84,5	78,5
15 мин 30 сек	85,5	79,7
16 мин	86,3	80,6
16 мин 30 сек	87,1	81,6

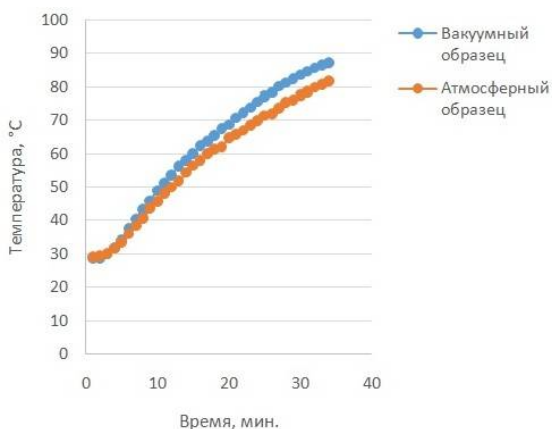


Рисунок 2 – Теплопроводность металлополимерных образцов полученных в вакууме и при атмосферном давлении

Проанализировав полученные данные можно сделать вывод о том, что теплопроводность образца, полученного с применением вакуумирования выше чем у образца, полученного при атмосферном давлении. Это говорит о меньшем содержании воздуха в «вакуумном» образце, следовательно, в случаях где необходима высокая теплопроводность металлополимерного изделия [4], рекомендуется отверждение металлополимерной композиции в вакуумной среде. В тех случаях, когда необходима низкая теплопроводность и требуются теплоизоляционные свойства металлополимера, необходимо принять меры по насыщению жидкой фазы металлополимера воздухом и припятствовать его выходу в процессе отверждения.

Результаты исследований, изложенные в статье выполнены в рамках гранта: «Проект ПСР № 2011-ПП- 146», договор № А-7/14 от 10.04.2014 г.

Библиографический список:

1. Мини каталог химии WEICON. М.: Изд. Офис ЮМП, 2013. 20 с.
2. Металлополимеры «ЛЕО». М.: Изд. ЗАО Металлополимерные материалы ЛЕО, 2013. 33 с.
3. Першин Н.С., Чепчуров М.С. Насыщаемость заливочных металлополимеров воздухом [Электронный ресурс]: Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: БГТУ, 2015.
4. Першин Н.С., Чепчуров М.С. Использование металлополимеров в пресс-формах для литья пластмасс // Вестник СибАДИ. 2015. № 4 (44). С. 86–89.

СКАНИРУЮЩАЯ ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ ВЫСОКОКОЭРЦИТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проценко И.Г., аспирант,

Мордасов Д.М., д-р техн. наук, проф.

Тамбовский государственный технический университет

На современном этапе развития приборостроения, медицины особая роль принадлежит ферромагнитным материалам. При этом широкое распространение получили магниты с высоким значением коэрцитивной силы, остаточной индукции [1, 2], в частности литые и порошковые магнитные материалы на Fe-Ni-Al основе. Данная группа сплавов обладает высокими эксплуатационными параметрами, в частности высокие температурной и временной стабильностью.

С целью достижения максимальных значений структурочувствительных магнитных параметров, необходимо осуществить формирование двухфазной структурой, представляющей собой парамагнитную α -фазу, изолирующую в магнитном смысле, ферромагнитную α' -фазу. Для получения данной морфологии сплава [3] используются либо легирование с добавлением основного компонента – кобальта, меди, кремния, титана, либо специальная термическая обработка, которая заключается в контролируемом охлаждении образца с критической скоростью в присутствии магнитного поля из однофазной области твердого раствора.

Идеальные размеры, форма и ориентация ферромагнитных α' -частиц определяют высокое значение коэрцитивной силы (порядка 40 кА/м) и магнитной энергии – в пределах от 0,5 до 30 кДж/м³. В случае нарушения технологии производства, и, как следствие, магнитной текстуры, параметры постоянных магнитов будут отличаться от ранее указанных. Таким образом, необходимым является определение и контроль параметров ферромагнитной и парамагнитной фаз.

До настоящего времени наиболее совершенным методом определения текстуры и свойств многих магнитных материалов, остается электронная микроскопия [4], однако, сложности формирования оксидных или иных реплик поверхности изучаемого образца, усложняют процесс контроля. Наиболее производительным и информативным является способ изучения структуры с помощью сканирующей зондовой микроскопии [5, 6]. Использование данных устройств позволяет за короткий промежуток времени сформировать изображение поверхности исследуемого объекта и рассчитать величину его структурных компонентов.

Использование сканирующей зондовой микроскопии для определения размеров ферромагнитной α' -фазы, для дальнейшего расчета структурочувствительных параметров образцов, в различных магнитных материалах на Fe-Ni-Al основе рассмотрено в данной работе.

В качестве объекта исследования выступали образцы-свидетели, имеющие форму прямоугольных пластин размерами $10 \times 15 \times 5$ мм, изготовленные из высококоэрцитивного литого и порошкового магнитного материала марки ЮНДК24. Помимо этого проводился анализ структуры литого магнитного материала ЮНДКБА дополнительно легированного ниобием.

С целью формирования однофазной структуры и снятия механических напряжений, возникающих в процессе механической обработки, образцы магнитных материалов прошли цикл термической обработки [7], включающей нагрев до 900 °С, выдержку при этой температуре 30 минут и контролируемое охлаждение с критической скоростью 15 °С/мин (контроль температуры осуществлялся термопарой ХА) до комнатной температуры. Для формирования двухфазной магнитной структуры, в процессе охлаждения, на материалы накладывалось магнитное поле напряженностью 150 кА/м. Выявление микроструктуры объектов исследования осуществлялось с помощью методик практической металлографии: полирование с последующим химическим травлением. Первичный контроль магнитной текстуры был проведен с помощью оптического микроскопа (рис. 1) при $650\times$ увеличении.

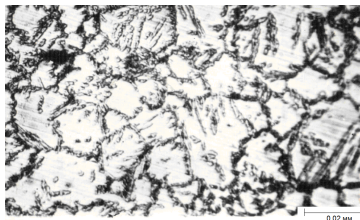


Рисунок 1 – Микроструктура высококоэрцитивного сплава на Fe-Ni-Al-Co основе

Анализ структуры образцов сплавов ЮНДК24 и ЮНДКБА с помощью оптической микроскопии показал, что последние имеют ярко выраженную зернистую структуру (темные кривые линии на рис. 1 – граница зерен магнитного материала). Светлый фон внутри зерен (рис.

1) представляет собой парамагнитную α – матрицу, а темные полосы внутри зеренных границ – ферромагнитная α' -фаза.

С целью более детального изучения структуры образцов, а также определения влияния формы и размеров частиц ферромагнитной фазы на структурочувствительные магнитные параметры, их поверхности были подвергнуты изучению с помощью сканирующей зондовой микроскопии (СТМ).

На рисунке 2 представлена структура литого постоянного магнита, изготовленного из сплава ЮНДК24, плоскость сканирования которого параллельна направлению действия приложенного при термической обработке магнитного поля. На рисунке 3 – структура высококоэрцитивного магнита, плоскость приложения магнитного поля в котором перпендикулярна плоскости сканирования.

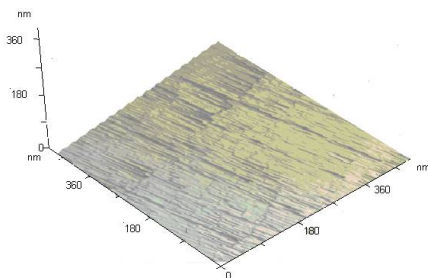


Рисунок 2 – Структура литого постоянного магнита, изготовленного из сплава ЮНДК24, в плоскости параллельной действию магнитного поля

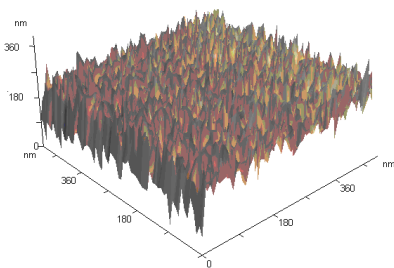


Рисунок 3 – Структура литого постоянного магнита, изготовленного из сплава ЮНДК24, в плоскости перпендикулярной действию магнитного поля

Анализ изображений показывает, что структура материала состоит из чередующихся выделений α' -фазы, изолированных друг от друга, в магнитном смысле, парамагнитной α -фазой (темные участки на рис. 2). Высококоэрцитивные частицы, представляют собой игольчатые выделения, ориентированные по направлению действия магнитного поля приложенного в процессе термомагнитной обработки (рис. 3 – пикообразные структуры). Данная форма и размер частиц обусловлены стремлением магнитного материала минимизировать энергию упругой деформации, возникающей при высокотемпературном распаде однофазного твердого раствора, и магнитостатическую энергию взаимодействия растущих частиц в процессе их ориентации в магнитном поле от направления легчайшего намагничивания, то есть в процессе формирования наведенной анизотропии.

Анализируя полученные изображения поверхности постоянного магнита (рис. 2 и 3) было установлено, что средний размер частиц ферромагнитной α' -фазы составляет $0,04 \times 0,04 \times 0,1$ мкм, а среднее расстояние между ними порядка $0,003$ мкм. Таким образом, геометрические параметры частиц соответствуют условиям существования однодоменности.

На рисунке 4 изображена структура порошкового постоянного магнита, изготовленного из сплава ЮНДК24, плоскость сканирования которого параллельна направлению действия приложенного магнитного поля, а на рисунке 5 – структура высококоэрцитивного магнита, плоскость приложения магнитного поля в котором перпендикулярна плоскости сканирования.

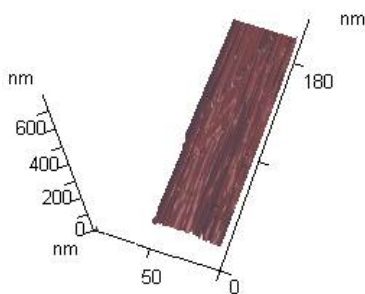


Рисунок 4 – Структура порошкового постоянного магнита, изготовленного из сплава ЮНДК24, в плоскости параллельной действию магнитного поля

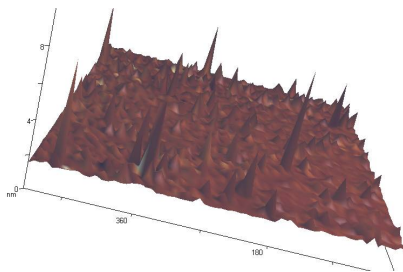


Рисунок 5 – Структура порошкового постоянного магнита, изготовленного из сплава ЮНДК24, в плоскости перпендикулярной действию магнитного поля

Анализ структуры порошкового постоянного магнита позволяет выделить частицы ферромагнитной и парамагнитной матриц. Однако, в отличие от литого магнитного материала порошковый, обладает большим разбросом размеров частиц (рис. 4, 5), что негативно сказывается на структурочувствительных параметрах. Помимо этого, на рисунке 4 наблюдается аномалия в виде скачка по координате Z, обусловленная исчезновением туннельного тока в процессе сканирования образца. Данная особенность может быть объяснена тем, что в процессе сканирования зонд туннельного микроскопа попал в область отсутствия магнитного материала, выщербленного в процессе механической обработки.

Средний размер частиц ферромагнитной α' -фазы составляет порядка $0,04 \times 0,04 \times 0,9$ мкм, что также способствует формированию высококоэрцитивного состояния.

На рисунке 6 изображена структура литого постоянного магнита, изготовленного из сплава ЮНДКБА, плоскость сканирования которого параллельна направлению действия приложенного магнитного поля, а на рисунке 7 – структура высококоэрцитивного магнита, плоскость приложения магнитного поля в котором перпендикулярна плоскости сканирования.

Рассмотренный тип магнитного материала, легированного ниобием, обладает столбчатой структурой, ориентированной по направлению действия магнитного поля (рис. 6). Размеры частиц α' -фазы в плоскости сканирования XY практически одинаковы и равны $0,04 \times 0,04 \times 1,10$ мкм, что несколько больше по сравнению с ранее рассмотренными материалами, однако это не мешает существованию

однодоменности, а, следовательно, высококоэрцитивного состояния. При этом по координате Z наблюдаются локальные выделения, обусловленные конгломерацией частиц ферромагнитной фазы в процессе термомагнитной обработки, что объясняется несоблюдением технологических норм в процессе производства постоянного магнита. На рисунке 7 показана структура, полученная в плоскости перпендикулярной направлению действия магнитного поля, представляющая собой выделения аналогичные частицам литого магнита ЮНДК24, но отличающиеся от них размерами. При этом разброс геометрических параметров минимален, что отличает их от частиц порошкового магнита.

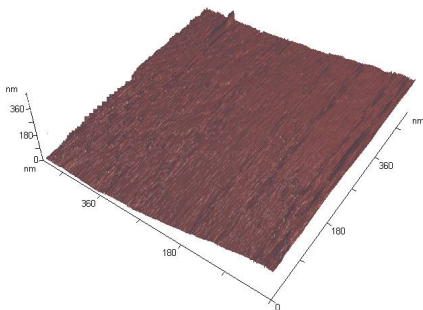


Рисунок 6 – Структура литого постоянного магнита, изготовленного из сплава ЮНДКБА, в плоскости параллельной действию магнитного поля

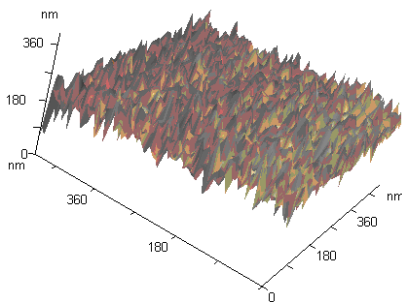


Рисунок 7 – Структура литого постоянного магнита, изготовленного из сплава ЮНДКБА, в плоскости перпендикулярной действию магнитного поля

Опираясь на значения размеров и форму ферромагнитных выделений можно провести теоретический расчет структурочувствительных параметров магнитных материалов. Известно [3], что коэрцитивная сила H_c группы однодоменных частиц при их параллельном расположении имеет значение равное:

$$H_c = \Delta N I_s, \quad (1)$$

где I_s – намагниченность насыщения частицы, определяемая для конкретного типа магнитного материала; ΔN – разность размагничивающих факторов вдоль и поперек однодоменной частицы, находящаяся в зависимости от отношения длины частицы к ее ширине.

Анализ изображений, полученных с помощью СЗМ, позволяет провести количественный анализ формы и размеров ферромагнитных частиц для литых и порошковых магнитных материалов ЮНДК24, ЮНДКБА и определить величину ΔN . При известном значении намагниченности насыщения и величины разности размагничивающих факторов по формуле (1) может быть рассчитано значение коэрцитивной силы материалов.

В работе рассмотрена методика контроля структуры порошковых и литых постоянных магнитов, изготовленных из сплавов ЮНДК24 и ЮНДКБА с использованием сканирующей зондовой микроскопии. Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности использования данного метода для анализа структуры магнитных материалов и определения геометрических параметров, входящих в их состав ферромагнитных частиц. Помимо этого, полученные в результате анализа структуры значения размера магнитной фазы позволяют теоретически рассчитать величину коэрцитивной силы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-08-31060-мол-а.

Библиографический список:

1. Преображенский А.А., Бишард Е.Г. Магнитные материалы и элементы: учеб. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1986. 352 с.
2. Spaldin N.A. Magnetic Materials. Fundamentals and Applications. 2nd edition. New York: Cambridge University Press, 2011. 290 с.
3. Ермоленко А.С., Шур Я.С. О механизме термомагнитной обработки высококоэрцитивных сплавов типа альни и альнико // Физика металлов и металловедение. 1962. Т. 14. № 3. С. 348–357

4. Xiong X.Y., Rong C.B., Rubanov S., Zhamg Y. Atom probe study on the bulk nanocomposite SmCo/Fe permanent magnet produced by ball-milling and warm compaction // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2011. 323. С. 2855–2858.

5. Kalinin S.V., Gruverman Alexei. Scanning Probe Microscopy of Functional Materials: Nanoscale Imaging and Spectroscopy. New York: Springer, 2011. 575 с.

6. Nalwa H.S. Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology. American Scientific Publishers, 2011. Т. 6. 905 с.

7. Довгалецкий Я.М. Легирование и термическая обработка магнитотвердых сплавов. М.: Металлургия, 1971. 176 с.

«НЕОБУЧАЕМЫЕ» – ЭТО ПРАВДА?

¹Пузин С.Н., д-р мед. наук, проф.,

¹Фетисов Г.П., канд. техн. наук, проф.,

²Данков В.В.,

¹Курашкина О.Ю., студент

¹Московский авиационный институт

(Национальный исследовательский университет)

²Фроловская городская Дума

Одним из основных показателей эффективности образования является качество выпускника инженерного вуза, оцениваемого в настоящее время с помощью целой системы критериев и требований. Данные критерии и требования в различных странах отличаются друг от друга, т.к. уровень развития общества, экономики, науки и техники, а так же традиции, структура и содержание инженерных образовательных программ, а значит и качество подготовки специалистов в этих странах различны. Оценивая качество нашего инженерного образования, можно констатировать, что в настоящее время лишь небольшая часть выпускников технических вузов отвечают в должной мере высокому понятию инженера 21 века. Это связано со следующими причинами:

– расхождением требований образовательных стандартов и требований к профессиональным квалификационным характеристикам со стороны работодателей; отсутствием у них промежуточных форм контроля реальных знаний, умений и навыков у обучающихся и выпускников.

– ограничением норм времени преподавания в вузе профессиональных дисциплин особенно в системе бакалавриата.

– отсутствие должной мотивации учащихся к приобретению знаний, слабая базовая подготовка, недостаточный уровень интеллекта и воспитания.

По проблемам образования как школьного, так и вузовского мы наблюдаем очень много длительных и постоянных дискуссий в обществе на самом различном уровне, порождающие волны реформ, результат от которых не всегда однозначен, т.к. их принимают часто без должного контроля со стороны профессионалов, волевым методом на уровне чиновников.

К сожалению, наблюдается и некритическое копирование элементов системы образования и науки других стран, не учитывается тот факт, что образование тесно связано с жизнью страны, ее традициями, экономикой – нельзя пересадить ей чужую систему и

рассчитывать, что она приживется. По-крайней мере, делать это следует осторожно и осмотрительно.

Мы предлагаем в данной статье рассмотреть только часть тех проблем образования, где наше влияние на качество подготовки инженера несомненно.

В последнее время значительная часть преподавателей вузов (чаще математики, физики, химии) присваивают студентам обидное прозвище «необучаемые». Объективности ради, определенные основания для этого есть, а виновником всего считают школу. Однако на наш взгляд, такой «приговор» слишком суров. От него веет какой-то безнадежностью, снимающей всякую ответственность за качество выпускаемых вузами специалистов. Возможно компромиссное обозначение недостаточности подготовки абитуриентов, поступающих в вузы, как «трудно обучаемые». Их действительно много, но ситуация тогда уже не выглядит абсолютно неисправимой. Появляется надежда на подготовку специалистов приемлемого качества, только добиться этого можно будет за счет огромного труда, высокого профессионализма преподавателей и ряда других, более современных компонентов учебного процесса: уровня его организованности, наличие современных технических средств, полноценных практик и т.п.

Школьное образование сегодня много критикуют, многие отдельные исследователи склонны даже оценивать его как критическое, но ведь школьный кризис, как уже отмечалось, является отражением социально-экономических процессов, в том числе:

- деформацией традиционных для страны моральных норм и нравственных установок;
- сменой ценностных ориентиров и нарушением духовного единства нашего общества;
- неуважительным, потребительским отношением учеников к школе и учителям;
- кризисом современной семьи, связанным с тотальной занятостью родителей и отсутствием времени уделять достаточное внимание семье и детям.

Большинство претензий к абитуриентам справедливы и связаны они действительно с проблемами в школьном образовании. Однако, скорых серьезных изменений подготовки абитуриентов в лучшую сторону ждать не следует: в школы поступают дети, в том числе из неблагополучных семей, неприученные к систематическому труду, склонные к пустому развлекательству, переставшие читать серьезную художественную и научно-познавательную литературу. У школьников

исчезает прежнее трепетное, отношение не только к учителю, но и к школе в целом. Это идет от недостатка воспитания в семейном кругу. Современным родителям проще оставить ребенка наедине с компьютером, телевизором или электронной игрушкой, чем уделить ему собственное время. Живое с ним общение заменяется виртуальным. А в результате меняется восприятие реального мира, отношение к окружающему, появляется устойчивая зависимость от электроники. Попытки хотя бы ограничить применение мобильных, планшетов могут вызвать грубый агрессивный отпор. Мечты о том, что школа начнет в массовом порядке в обозримом будущем «поставлять» вузам отлично знающих школьную программу, трудолюбивых абитуриентов – несбыточная мечта. Будут всякие, в том числе и «трудно обучаемые».

Хотя многие школы в последнее время предпринимают довольно успешные меры по изменению ситуации. Лучше это получается в содружестве с вузами. Так, Московский авиационный институт в течение многих лет занимается такой деятельностью со школами региона Фроловского округа Волгоградской области.

Перспективный ВУЗ вызвал у ребят живой интерес, особенно направление «Биотехнические системы и технологии», так как именно это направление обеспечивает подготовку специалистов медико-технологического профиля, способных разрабатывать, производить и обслуживать медицинские системы и комплексы, приборы и аппараты, в том числе медицинские информационные системы. Поэтому выпускники школ, ранее проявляющие интерес к медицине, решили обучаться в МАИ.

Как уже отмечалось, одним из противоречий современного школьного образования является несоответствие знаний, приобретаемых выпускниками школ в процессе обучения, возросшим требованиям технических ВУЗов. Для решения данной проблемы в школах города в рамках сетевого взаимодействия более сотни старшеклассников изучают предметы на углубленном и профильном уровнях. Эта форма позволяет расширить возможности получения качественного образования для желающих продолжить обучение в техническом ВУЗе. Нами активно используется материально-технический и кадровый потенциал, который за время реализации национального проекта «Образование» и в рамках основных направлений модернизации российского образования, значительно возрос и в качественном, и в количественном выражении. Надо сказать, что система образования города Фролово достаточно успешна. Вот примеры:

- стабильно процент медалистов составляет 10 и более процентов;
- более 80 процентов выпускников школ ежегодно становятся студентами ВУЗов;
- фроловчане успешно обучаются в престижных ВУЗах страны.

Взаимодействие между Московским авиационным институтом и Администрацией городского округа города Фролово осуществлялось на основании договоров о сотрудничестве с 2000 года. Согласно договорам преподаватели института проводили курсы и предметные олимпиады по подготовке к поступлению в ВУЗ, а зачисление происходило по их итогам. В результате данной работы было обучено более 200 выпускников. Позже поступление осуществлялось по результатам ЕГЭ, но «наши» абитуриенты, согласно заключенному договору, имели приоритет при получении мест в студенческом общежитии МАИ.

С 2000 года по настоящее время более 60 выпускников школ и техникума города Фролово стали студентами МАИ.

Следует заметить, что наиболее востребованным и популярным среди абитуриентов, стал факультет «Прикладная механика», так как именно здесь студенты могут совместить свой интерес и к медицине, и к инженерии.

Заинтересованность выпускников школ данным факультетом обусловлена еще и совместной профориентационной работой, которая помогла ребятам найти себя в профессии, так необходимой сегодня стране.

Взаимодействие позволяет старшеклассникам знакомиться с условием приема и обучения, затем участвовать в выполнении масштабных проектов в области инженерных технологий в медицине. Интерес студентов привлекает стабильное развитие инновационных инженерных технологий в медицине, изучение международных достижений в данной области, реализация мировых методик преподавания по инженерным специальностям, а также расширение географии академической мобильности студентов МАИ.

Результатом сотрудничества является успешность наших выпускников ВУЗа. Благодаря качественной подготовке, они широко востребованы на ведущих предприятиях высокотехнологичных отраслей промышленности. Фроловчане, закончившие МАИ, работают в Москве, Воронеже, Волгограде. Среди них есть успешные аспиранты и даже молодой преподаватель МАИ. Хорошо приняты выпускники ВУЗа и на родной Фроловской земле.

Какие же основные результаты этой кампании?

1. Выпускники заинтересованно отнеслись к предложенной им специальности, большинство из них предпочли подать заявления именно на направление «Биотехнические системы и технологии».

2. У них не было после окончания учебы привычных для многих проблем с трудоустройством по специальности или смежных с ней. Это были больницы, такие, как Склиф, ЦКБ при Управлении делами Президента, зарубежные и российские фирмы, производственные предприятия и т.д. К сожалению, вернулись в свои регионы единицы. Но мы к этому относимся достаточно спокойно: в любом случае их работа востребована и приносит пользу нашему государству.

3. Вполне удовлетворительно качество учебы наших бывших школьников: все они успешно заканчивали институт, многие учились на «отлично», получили дипломы с отличием, продолжили учебу в магистратуре, аспирантуре. О них хорошие отзывы от работодателей.

4. Наш город и Волгоградский регион и в дальнейшем заинтересованы в сотрудничестве с техническими ВУЗами по инженерным проблемам в медицине: одним из приоритетных направлений, объявленных Правительством, является именно здравоохранение, успех развития которого неразрывно связан с наличием соответствующего инновационного оборудования, инструмента, материалов, информационно-программного обеспечения всех запросов медицинских учреждений.

Но дело не ограничивается подготовкой для института хорошего, полноценного приема. Главное в том, что в самом городе его руководство обращает самое серьезное внимание на формирование у школьников утраченных в значительной мере качеств: трудолюбия, стремления к достижению высоких и благородных целей в учебе, жизни. В итоге в школах значительно возросла работа по развитию у школьников чувства уважения к школе, самостоятельности в решении сложных жизненных задач. Наконец, открыты гимназии с повышенной духовностью, с интересной инновационной техникой преподавания, его богатым материальным обеспечением, включая не только технические средства, но и прекрасную библиотеку выдающихся произведений русских, советских, зарубежных писателей. Подробнее материал об этом опыте будет представлен в отдельном докладе. Назовем только цели и задачи, которые должны быть достигнуты в школьном, да и в вузовском образовании:

Цели:

- улучшение качества личностно-ориентированной образовательной среды, положительно влияющей на физическое, психическое и нравственное благополучие обучающихся;

- учет индивидуальных склонностей и способностей учащихся при проектировании собственной образовательной траектории, оказание содействия в профориентации и самоопределении обучающихся.

Основные задачи:

- создание максимально возможных благоприятных условий, обеспечивающих умственное, духовное, физическое и эстетическое развитие учащихся;

- повышение мотивации учащихся к учебной деятельности;

- разработка и использование новых форм организационно-педагогической деятельности.

Городскую власть сегодня волнует не только профессионализм молодежи, но и, не в меньшей степени, вопросы духовно-нравственного воспитания молодежи, ее состояние и качества внутренней жизни.

Великий Сухомлинский В.А. отмечал: «Особая сфера воспитательной работы – ограждение детей, подростков, юношества от одной из самых больших бед – пустоты души, бездуховности...»

Мы гордимся, что 1 сентября 2013 г. распахнула двери для первоклассников Фроловская православная гимназия, а в настоящее время идет строительство нового современного здания светской гимназии на 160 мест, планируется оснастить его инновационным оборудованием и сдать в эксплуатацию уже к 2015 году. В городе созданы все условия для интеллектуального и физического развития нашей молодежи.

Далее о совершенствовании вузовского образования с учетом сегодняшнего качества подготовки абитуриентов.

Начнем с самого простого составляющего нашего успеха: технические средства обучения, современное оборудование, наличие квалифицированного персонала. На деле лекции часто проходят в больших аудиториях, однако, они не снабжены элементарным микрофоном, компьютером с экраном, проектором. На нашей кафедре «Технология конструкционных материалов» всего два учебных мастера (было 16!). В таких условиях сложно провести полноценные лабораторные работы, невозможно выполнить даже требования к технике безопасности – не хватает людей. Объяснение этому – недофинансирование и нерациональное распределение существующих специалистов между кафедрами.

Одна из возможностей управлять качеством оборудования – учебные программы. Мы все дорожим своей принадлежностью к важнейшим инженерным дисциплинам – материаловедению и технологии конструкционных материалов. Отсюда появляется непроизвольное желание включить в программу материал, существенно превышающий по объему выделенные на дисциплину часы, усложнить предмет. Очень часто он не обеспечен в достаточной мере предыдущими дисциплинами, т.к. там тоже наблюдается желание дать больше и сложнее, некоторые темы даются на самостоятельный разбор. В итоге, по мнению студентов, физика становится похожей на математический анализ. Подобное является следствием заформализованности ряда учебных программ, погоней за объемом, отсутствием главного – раскрытия физического смысла явлений, установления их связей с практикой.

В последние годы замечается ухудшение памяти у студентов к поступающему учебному материалу. Иногда студенты не могут воспроизвести даже в общем виде элементы предыдущей лекции. Эта проблема в значительной степени связана с Интернетом, доступ к которому есть у каждого. Теперь информацию можно найти в любое время и в любом месте, а значит пропадает надобность удержания ее в памяти.

Процесс забывания можно замедлить путем построения четкой структуры занятия, чтобы материал запоминался не механически, а путем глубокого понимания его сущности. Очень важен фактор влияния на запоминание – мотивация учащегося. Преподаватель должен внушить, что данный предмет нужен студенту лично. Студента к пониманию нужности изучаемого предмета следует подвести постепенно, используя весь арсенал педагогического мастерства, приводя соответствующие примеры. Слушатель должен самостоятельно прийти к желаемому преподавателем заключению, тогда оно станет постоянной частью его убеждения.

Решая проблему мотивации, преподаватель в значительной степени добивается положительного, творческого отношения к своему предмету. Роль мотивации в обучении столь высока, что ее формированию следует посвящать семинары, проводить обмен опытом, использовать анонимные опросы после изучения студентами курса. Для большего эффекта, это следует делать в начале и в конце курса. Сдвиг в лучшую сторону говорит о высоком профессиональном уровне преподавателя, его эрудиции, интеллекте, уважении к студенту при наличии высокой и объективной требовательности.

«Давление» на студента рублем (платные услуги) – это то, что сводит почти на нет усилия преподавателя. Они наносят качеству подготовки специалиста несомненный вред с какой бы юридической чистотой их не использовали.

С образованием в 2013 году в МАИ базовой кафедры «Авиационные материалы и технологии в медицине» (зав. каф. Акад. РАН, проф. Пузин С.Н.), появилась возможность обращаться по проблеме инженерного образования в высокие, заинтересованные организации. Так 13 февраля 2014 г. по нашей инициативе прошло слушание в Комиссии Общественной палаты по экономическому развитию и предпринимательству. С повесткой для «Инновационные инженерные материалы и технологии в медицине. Кадры».

Участники круглого стола в своих выступлениях отмечали, что уровень научных исследований в области медицинских инженерных технологий и оборудования в значительной степени определяет возможности современной медицины, качество обслуживания населения, поэтому работа в этом направлении является крайне необходимой и актуальной.

Однако в реализации обсуждавшихся вопросов имеется ряд существенных недостатков, устранение которых идет недопустимо медленными темпами. В Российской Федерации в настоящее время наблюдается существенное отставание от зарубежного опыта:

- преобладают закупки импортного оборудования, что является весьма затратной статьей бюджета страны;
- отстают по ряду важных направлений и научные исследования;
- не налажена четкая и оптимальная система кадрового обеспечения инженерных технологий, разработки и обслуживания сложного медицинского оборудования, приборов, систем информационного обеспечения;
- подготовка инженерных кадров для медицины в технических вузах позволяет решить многие задачи, но она слабо координируется, приоритетность ее по отношению к основному профилю ВУЗа никак не оценивается, а ее результаты не учитываются в итоговых показателях того или иного ВУЗа;
- зачастую отсутствует должная связь предпринимателей с ВУЗами, что сдерживает внедрение в медицинскую практику и производство вузовских научно-технических разработок.

В итоге были разработаны рекомендации:

Правительству РФ:

– рассмотреть весь комплекс вопросов по внедрению инновационных инженерных технологий в медицину, разработке отечественного высокотехнологического оборудования для нужд медицины, уменьшив таким образом зависимость ее от дорогостоящего импорта;

– создать эффективную систему подготовки кадров, принять исходя из реальных возможностей на ближнюю и дальнюю перспективу;

– разработать комплексный проект ликвидации имеющегося в настоящее время научного и технологического отставания России от передовых стран по разработке и производству современного медицинского оборудования, не уступающего по функциональным показателям передовому, зарубежному, способного конкурировать на международных рынках.

Минобрнауки РФ:

– способствовать повышению престижа и важности подготовки специалистов в технических ВУЗах по направлению «Биотехнические системы и технологии», считая его приоритетным для ВУЗа любого профиля.

– в связи со сложностью и большим количеством дисциплин, необходимых для подготовки квалифицированных специалистов по рассматриваемому направлению, выделить квоты на обучение по квалификации специалист (со сроком обучения 5 лет), расширить возможности магистратуры и аспирантуры.

– усилить практическую сторону подготовки специалистов, в том числе путем создания базовых кафедр, учебно-методических центров в ВУЗах, привлекая как средства института, так и предпринимателей инновационных научных лабораторий соответствующего профиля, выделить гранты для конкурсного отбора вузовских разработок.

– ВУзам привлекать работодателей для более активного их участия в формировании структур учебных планов, содержания учебных программ, заключению договоров по целевому обучению, организовывать эффективную стажировку в медицинских учреждениях, на предприятиях и производстве медицинского оборудования.

– шире использовать форму студенческих конструкторских и технологических бюро.

Участники круглого стола предложили создать Координационный совет по развитию инновационных технологий и оборудования в

медицине и подготовке кадров. Цель деятельности Координационного совета способствовать выполнению решений и программ Правительства, других руководящих органов страны, Общественной палаты РФ по всему комплексу обсуждаемых вопросов.

В состав совета предлагается включать представителей Общественной палаты, заинтересованных Министерств, РАН, ведущих ВУЗов, УМО по направлению, работников медицинских учреждений, предпринимателей.

Достаточно продуктивно прошло участие руководства кафедры и в заседании «Круглого стола» при Комитете по социальной политике Совета Федерации РФ 26 марта 2015г., а затем – в процессе встречи с его Председателями.

Основной вопрос «О мерах по обеспечению импортозамещения» касается вообще любых инженерных ВУЗов, т.к. проблемы с высококвалифицированными кадрами для промышленности стоят очень остро, будь то машиностроение, авиакосмическая отрасль, медицина и т.п. В числе рекомендаций, а они затрагивают очень широкий круг вопросов импортозамещения, было принято решение создать специальный антикризисный штаб, включить в учебные программы вузовского и послевузовского образования информацию о задачах по импортозамещению. Нами было предложено провести целевую конференцию при МАИ под эгидой Минобрнауки и Комитета по социальной политике при Совете федерации. Этот вопрос находился в стадии обсуждения в соответствующих инстанциях.

Совещания заведующих кафедрами, которые ежегодно проводит Научно-Методический Совет по материаловедению и технологии конструкционных материалов, должны формировать общую политику и практику решения проблем инженерного образования, количество которых и их сложность, в сожалению, из года в год не уменьшается.

В сложной борьбе за качество выпускников вузов мы должны остаться победителями!

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В СИСТЕМЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ВУЗОВ

**Пузин С.Н., д-р мед. наук, проф.,
Фетисов Г.П., канд. техн. наук, проф.**

*Московский авиационный институт
(Национальный исследовательский университет)*

«Медицина – божественный вид искусства, предмет которого – прекрасный и священный человеческий образ. И она должна заботиться о том, чтобы соразмерность его форм, где-либо расстроенная или нарушенная, снова была бы восстановлена!» Иоганн Вольфганг Гёте, замечательный философ и поэт Германии.

В реабилитационном процессе, как, по сути, отмечает Гёте, «восстановление» функций человека чистая медицина и инженерная наука и техника, опирающаяся на фундаментальные открытия в физике, химии и информатике идут вместе уже не одно столетие.

В 1962 году по инициативе академика Акселя Ивановича Берга в Санкт-Петербургском техническом университете была открыта подготовка инженеров – электрофизиков по специальности «электронно-медицинская аппаратура», а с 1964 года – аспирантура «медицинское приборостроение».

В начале 60-х годов совместная разработка ЦИТО – МВТУ им. Баумана по использованию ультразвука для резки и сварки костной ткани была удостоена Государственной премии. Во время обсуждения разработки тогда бывший президент АН СССР Келдыш назвал все это «Удивительным, гуманнейшим применением сварки».

На сегодняшний день, уже в более чем в пяти вузах, готовят студентов по направлению «Биотехнические технологии в медицине», в том числе и магистров, и аспирантов. В этом была и есть объективная необходимость, т.к. для ранней диагностики, прогнозирования и эффективного лечения и реабилитации заболеваний необходимо иметь не только высококвалифицированный медицинский персонал, но и соответствующую кадровую техническую поддержку лечебно-оздоровительного процесса.

15 лет назад в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете) была организована при кафедре «Технология конструкционных материалов» подготовка специалистов по специальности «Инженерное дело в медико-биологической практике», а в 2012 году принято решение об открытии базовой кафедры «Авиационные технологии и материалы в медицине».

А теперь о главном. Остро стоит вопрос импортозамещения. Оно коснулось фармацевтики, медицинского оборудования и техники, национальной медицинской науки.

Вряд ли можно утверждать, что инженерные вузы, такие как МВТУ, МАИ, и другие (а их более пятидесяти), имеющие высококвалифицированных инженеров, уже в должной мере вовлечены в работу по данному направлению.

Возможности у них большие, и они должны быть использованы. По инициативе Московского авиационного института, нашей базовой кафедры в феврале 2014 года состоялось слушание в комиссии «Индустрия и предпринимательство» Общественной палаты с повесткой дня «Инновационные инженерные технологии и материалы в медицине. Кадры». Участники слушания в своих выступлениях отмечали, что в Российской Федерации преобладают закупки импортного медицинского оборудования, что является весьма затратной статьей бюджета страны; отстают по ряду важных направлений научные исследования; не налажена четкая и оптимальная система кадрового обеспечения инженерных технологий, разработки и обслуживания сложного медицинского оборудования, приборов, информационных систем.

Подготовка кадров для медицины в технических вузах позволит устранить многие из перечисленных проблем, но она слабо координируется, приоритетность ее по отношению к основному профилю ВУЗа никак не оценивается, она не учитывается в его показателях; отсутствует должная связь предпринимателей с ВУЗами, что сдерживает внедрение в медицинскую практику и производство вузовских научно-технических разработок.

Было рекомендовано организовать координационный центр, позволяющий объединять, направлять усилия кафедр в области решения инженерных проблем в медицине, в том числе проблемы импортозамещения, обеспечить планирование указанных работ в соответствии с конкретными наработками кафедр различных вузов. Такой координационный центр уже частично сформирован, избран его председатель.

В мае этого года руководство базовой кафедры было приглашено на заседание комитета «Социальная политика» Совета Федерации для участия в обсуждении об импортозамещении, затем состоялась встреча с его председателем Рязанским Валерием Владимировичем. Ему было предложено провести конференцию по импортозамещению в МАИ с приглашением через Минобрнауки представителей вузовских кафедр,

медицинских учреждений, предпринимателей. От Минобрнауки следовало бы добиться изменения отношения к биотехническим специальностям в инженерных вузах, способствовать повышению престижа и важности подготовки там специалистов по направлению «Биотехнические системы и технологии в медицине», считать ее приоритетной для ВУЗа любого профиля; выдавать квоты на обучение по квалификации «специалист»; расширить возможности магистратуры и аспирантуры; усилить практическую сторону подготовки специалистов, в том числе путем создания базовых кафедр, соответствующих учебно-методических центров в ВУЗах, инновационных научных лабораторий, использовать гранты для конкурсного отбора вузовских разработок.

В заключении несколько примеров работ наших студентов и аспирантов:

1. Выполнено исследование совместно с институтом Склифосовского по повышению биосовместимости эндопротезов путем нанесения на их поверхность ионно-плазменным методом разработанного покрытия (оксид циркония). Проведены экспериментальные операции в клинике. Отмечено снижение случаев воспалительных процессов в период реабилитации.

2. Разработаны более совершенные материалы из углепластиков для экзопротезов, повышен ресурс за счет увеличения их пластичности.

3. Защищены диссертации по созданию в экологических и медицинских целях сорбентов на базе магнитоуправляемых наночастиц оксида железа и гуминовых кислот.

4. В области информационных технологий на основе нейросетей завершено исследование распознавания нарушения глазодвигательных функций. Эта работа могла бы стать хорошим помощником врачу при диагностике; усовершенствована система записи и обработки биосигналов, уточнены результаты лабораторных исследований, в том числе в процессе предполетной подготовки пилотов. Разрабатываются системы дистанционного контроля за состоянием пилота в полете.

«Доказательная медицина» обеспечивается использованием строгих математических и статических методов, требующих хороших знаний в информатике.

5. Студенты – дипломники работают над конструкцией оригинального тренажера (диплом в конкурсе СГТУ); мобильного кресла – коляски; совершенствованием системы жизнеобеспечения в обитаемых отсеках космических аппаратов; искусственным сердцем с

целью повышения его ресурса, разработкой для него источников питания, совершенствованием микродвигателей.

6. Приборы для ультразвуковой диагностики, влиянием импульсного магнитного поля на дефекты металлической поверхности имплантатов (совместно с МГТУ им Баумана).

Мы уверены, что вопросы импортозамещения должны решаться в процессе подобных разработок с участием технических вузов.

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ МАКСВЕЛЛА, ИДЕЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ДИСТОРСИИ И ЕЕ КВАНТОВОМЕХАНИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Ромбах В.П., профессор
Edmonds, WA USA

Уважаемые коллеги!

Перед вами вторая страница моей книги, в которой приведено научно-техническое обоснование возможности предотвращения техногенных катастроф. Первую главу этой книги вы можете прочитать в интернете.

В. П. Ромбах

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ РАЗРУШЕНИЯ

Памяти жертв техногенных катастроф посвящается



Фрагменты рельса разрушенного в результате катастрофы Хатфилд, Великобритания
2000

Четыре человека погибли, семьдесят ранены

Эдмондс штат Вашингтон США

2014

На фотографии вы видите 200 из 300 фрагментов рельса, который разорвало под вагонами поезда.

10 марта 1999 года на семинаре в МАИ после моего доклада о новой модели металла я два часа отвечал на вопросы, но не смог ответить на вопрос Геннадия Павловича Фетисова: «Почему лопнул рельс после того, когда поезд уже прошел?»

Нам понадобилось 15 лет, чтобы ответить на него. Я говорю «нам», так как без дискуссий и поддержки Геннадия Павловича, а затем и Вячеслава Михайловича Матюнина эта книга не была бы написана. Я отправил им материалы в электронном виде, которые вы можете скопировать. Проблема очень серьезна и изложить все в докладе невозможно.

Я уверен, что книга появилась бы намного раньше, если бы не одно необъяснимое обстоятельство.

Ежегодно, начиная с 2004, я выступал перед вами лично или заочно, а также заочно на симпозиумах, которые МАИ проводит в Яропольце.

В конце декабря 2012 Геннадий Павлович сказал мне, что мой доклад в феврале 2013 будет не на секции материаловедения, а на секции прочности.

Поэтому я решил разобраться с одним вопросом, который вызывал у меня сомнения.

Известный механик С.П. Тимошенко в книге, *History of Strength of Materials: With a Brief Account of the History of Theory of Elasticity and Theory of Structures* 1953 г. кратко характеризует работу Максвелла «О равновесии упругих твердых тел», опубликованную в 1850 г., не комментируя и не делая никаких выводов. Он обращает внимание на письмо Максвелла к Томсону (лорду Кальвину), написанное в 1856 г. Я процитирую только вывод, который сделал Тимошенко:

«Мы видим, что Максвелл уже тогда располагал теорией пластичности, которую мы сегодня называем *теорией предельной энергии изменения формы*. Но он больше к ней не возвращался, и это стало известно лишь после того, как были опубликованы его письма. Это привело к тому, что инженерам потребовалось значительное время, прежде чем они, наконец, разработали *теорию, идентичную той, которую предложил Максвелл*».

Желание найти это письмо было продиктовано двумя факторами. Во-первых, я не верил в то, что «Максвелл не возвращался», во-вторых, я обратил внимание на то, что за 60 лет прочитали письмо лишь три человека, которые согласились с Тимошенко. Во всех остальных случаях ссылались не на Максвелла, а на Тимошенко.

7 января 2013 я нашел в библиотеке университета это письмо Максвелла.

С первого взгляда стало ясно, что Тимошенко не понял главного в нем.

Вы легко найдете эти работы, разместив в Google любой фрагмент из этого письма на английском языке. Разместите фразу */where A & B are coeffits, the nature of which is foreign to our inquiry/* и вы найдете мои работы, но найти полностью письмо Максвелла невозможно.

Перечислю то, что осталось незамеченным Тимошенко и другими.

1. Письмо состоит из трех частей, две первых из которого, относятся к проблеме разрушения. Первая часть посвящена интерференции поляризованных лучей, составляющей основу метода фотоупругости. Ее игнорируют, но в ней Максвелл указывает на то, *что напряжение не является причиной разрушения*. Он неоднократно повторяет: **'strain'** not to the **'stresses'**, **strain** without stress at least, the **strain** disappears for want of stress.

2. Уравнение $U = A(\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2) + B(\beta\gamma + \gamma\alpha + \alpha\beta)$ (1) и критерий разрушения $\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 - \beta\gamma - \gamma\alpha - \alpha\beta < R_2$ (2) принципиально отличаются от всех подобных уравнений и критериев, предложенных в других публикациях, которые считаются теориями, но Тимошенко его не приводит.

3. Письмо заканчивается фразой: *«Я думаю, что эта идея предоставит возможность разработать математическую теорию упругости, если у меня будет время, чтобы поставить тот правильный эксперимент, который подтвердит ее»*.

Это говорит о том, что Максвелл не считал, что в письме им изложена теория.

Многочисленные статьи, письма, лекции Максвелла опровергают мнение о том, что «он больше не обращался с этой идеей». Из них становится ясно, что под термином **strain** он понимал не остаточное напряжение, а то явление, которое было названо усталостью.

Статья «Равновесие упругих твердых тел начинается с фразы *«Мало найдется в механике такие разделы, в которых теория отличается от эксперимента, как теория упругости твердых тел»*.

Она состоит из введения, 14 разделов и трех заключений.

В статье рассматривается равновесие внешнего воздействия и отклика твердого тела на него. На основе закона Гука Максвелл формулирует две аксиомы, используя которые, предлагает дифференциальные уравнения

$$\text{I } (P_1 + P_2 + P_3) = 3\mu \left(\frac{\delta\alpha}{\alpha} + \frac{\delta\beta}{\beta} + \frac{\delta\gamma}{\gamma} \right)$$

$$\text{II } \begin{cases} (P_1 - P_2) = m \left(\frac{\delta\alpha}{\alpha} - \frac{\delta\beta}{\beta} \right) \\ (P_2 - P_3) = m \left(\frac{\delta\beta}{\beta} - \frac{\delta\gamma}{\gamma} \right) \\ (P_3 - P_1) = m \left(\frac{\delta\gamma}{\gamma} - \frac{\delta\alpha}{\alpha} \right) \end{cases},$$

связывающие главные давления P_1, P_2, P_3 в направлении осей α, β, γ с компрессиями $\frac{\delta\alpha}{\alpha}, \frac{\delta\beta}{\beta}, \frac{\delta\gamma}{\gamma}$ и коэффициентами кубической μ и линейной упругости m .

Решая эти уравнения, он получает три значения давления p_1, p_2, p_3 и три значения компрессии q_1, q_2, q_3 в точке с координатами x, y, z .

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= \left(\mu - \frac{1}{3}m \right) \left(\frac{d\delta x}{dx} + \frac{d\delta y}{dy} + \frac{d\delta z}{dz} \right) + m \frac{d\delta x}{dx} \\ p_2 &= \left(\mu - \frac{1}{3}m \right) \left(\frac{d\delta x}{dx} + \frac{d\delta y}{dy} + \frac{d\delta z}{dz} \right) + m \frac{d\delta y}{dy} \\ p_3 &= \left(\mu - \frac{1}{3}m \right) \left(\frac{d\delta x}{dx} + \frac{d\delta y}{dy} + \frac{d\delta z}{dz} \right) + m \frac{d\delta z}{dz} \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= \frac{m}{2} \left(\frac{d\delta y}{dz} + \frac{d\delta z}{dy} \right) \\ q_2 &= \frac{m}{2} \left(\frac{d\delta z}{dx} + \frac{d\delta x}{dz} \right) \\ q_3 &= \frac{m}{2} \left(\frac{d\delta x}{dy} + \frac{d\delta y}{dx} \right) \end{aligned} \right\}$$

Максвелл использует этот метод для решения задач, связанных с деформацией сжатия, изгиба, кручения, вращения, изменения температуры плоских, сферических, сплошных, полых цилиндрических образцов и образцов, состоящих из нитей. Это означает, что решены

фактически все возможные технические проблемы, включая деформацию канатов при различной температуре.

Математика занимает, вероятно, 90 % сорокастраничной статьи, но я не нашел других публикаций после Максвелла такого высокого теоретического и экспериментального уровня исследований одновременно, имеющих практическое применение.

Отличительная особенность статьи Максвелла состоит в том, что каждое уравнение написано на основе специально поставленного эксперимента; в каждом разделе приведены формулы для анализа экспериментальных результатов. Эти формулы апробированы экспериментально.

В статье указаны экспериментальные методы и приведены уравнения, с помощью которых могут быть определены не только давления и компрессии, но и коэффициенты t и μ . Оптические исследования процессов проведены с помощью интерференции поляризованных лучей в прозрачных материалах. Результаты механических и оптических исследований сопоставляются и эта связь выражается математически.

Я продемонстрирую это лишь на одном примере, взятом из письма Максвелла (From a letter to Lewis Campbell, July 1850).

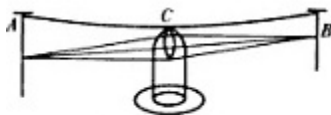


Figure 31,1

«Наблюдения на стержнях хороши тем немногим, что они закончены, и для трех видов (железо, латунь, стекло, дополнено мной) согласуются между собой по точности от $1/140$ до $1/280$ (различие между расчетными и экспериментальными значениями не превышает 1 %, дополнено мной).

Таким образом, стержень под действием груза, подвешенного в середине, приобретает форму кривой, которая *вычисляется до четвертого порядка* (курсив мой). Пусть ACB изгиб стержня под действием груза. Зеркала крепятся в точках A и B , чтобы определить угол наклона касательной к стержню, а линза в точке C проецирует изображение на экране в масштабе дюймов и деталей изгиба AC .

Это означает, что Максвелл за сто лет до Ирвина предложил теорию и экспериментальные методы, пользуясь которыми можно

рассчитать и проверить давления и компрессию в каждой точке деформированного тела.

Коэффициенты интенсивности напряжений Ирвина ($K = \sigma\sqrt{\pi t}$) и формула Пэриса-Эрдогана ($\frac{da}{dN} = \Delta K^n$), которые получили широкое распространение в механике разрушения, противоречат друг другу, но, главное, лишены физического смысла.

Идея Максвелла опережала экспериментальные возможности на 70–80 лет. Сегодня такой эксперимент может выполнить в современной лаборатории выпускник средней школы. Он же в состоянии выполнить расчеты, необходимые для анализа полученных результатов, пользуясь компьютером.

Уравнения, полученные мной на основе квантовомеханической интерпретации уравнения (1), проще и надежней, чем те, которые получены в механике прочности и разрушения.

Я продемонстрирую это на одном примере.

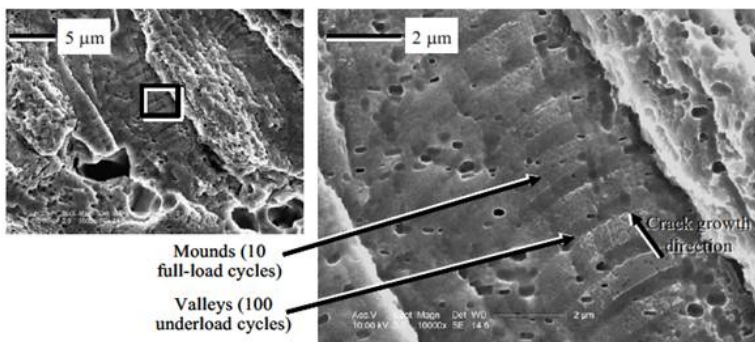


Figure 6.7. Images of a well-defined 10M marker band group on the left side of rivet hole A23 showing hills and valleys corresponding to full-load and underload cycles, respectively. Individual fatigue striations are visible on the hills.

A. Ahmed, *Initiation and Growth of Multiple-Site Damage in the Riveted Lap Joint of a Curved Stiffened Fuselage Panel: An Experimental and Analytical Study*, Thesis Submitted to the Faculty of Drexel University 2007, pp.328

Результаты экспериментальных исследований поверхности трещины, образованной в обшивке фюзеляжа Боинга вблизи заклепки А 23, показаны на фотографиях (Figure 6.7). Они выполнены при помощи сканирующего электронного микроскопа.

Подобные «долины» и «холмы» наблюдаются неоднократно, но авторы работ не объясняют природу этого явления и никак не используют его.

Таблица **Crack A23-R**, в которой показано изменение длины трещины справа от заклпки в результате циклического воздействия, приведена ниже. На Figure 5.26 графически показана скорость роста da/dN шести трещин. График зависимости скорости роста трещины A23-R от числа циклов выделен красными точками ●.

Работы Максвелла указали то направление, в котором должна создаваться теория разрушения, но выводы, сделанные им, были проигнорированы. Это привело к тому, что теория разрушения оказалась несостоятельной для объяснения процессов разрушения, а предлагаемые уравнения нередко ошибочны.

Crack A23-R

Cycles	Crack Length	Uncracked Ligament
80550	0.1258	0.0804
80800	0.1430	0.0768
81300	0.1593	0.0752
81580	0.1619	0.0720
81830	0.1624	0.0693
84220	0.2359	0.0458
84500	0.2381	0.0415
86640*	0.2710	
87640	0.2739	
89260	0.2820	
89810	0.2830	
90310	0.2861	
90810	0.3028	
91340	0.3055	
91840	0.3103	
92430	0.3178	
92990	0.3248	

Cycles	Crack Length
97510	0.4001
97680	0.4008
98180	0.4144
98770	0.4200
99270	0.4364
99320	0.4384
99820	0.4422
100320	0.4542
100350	0.4547
100850	0.4632
101350	0.4789
101440	0.4837
101940	0.4931
102440	0.5064
102490	0.5123
103000	0.5221
103490	0.5401

Время одного цикла $\Delta t = 30$ секунд, число циклов $\Sigma N = 4\ 903\ 166$ суммарное время испытаний $t = \Delta t \cdot \Sigma N = 4903166 \cdot 30 / 3600 = 40836$ часов.

Как мы видим время экспериментальных исследований составило 40836 часов.

Но можете ли вы связать скорость образования трещин с той фотографией, полученной на современном приборе, о котором мечтал Максвелл? Можете ли вы сказать о том, какая из шести трещин наиболее опасна? При одном из испытаний образовалась трещина длиной 1925 мм. Можно ли было ее предсказать?

Выводы

1. *Полезная информация, которая может быть получена на основе таблицы и графика, практически сведена к нулю той математической моделью, которая ограничена классической механикой.*

Сравните теорию Максвелла, его экспериментальные возможности и тот результат, который он получил, с результатом, полученным через 157 лет.

2. *Современная теория прочности и разрушения отстала от эксперимента на 160 лет! Она осталась на позициях классической механики. Квантовая теория металлов, диэлектриков, полупроводников, квантовая оптика, квантовая электроника, квантовая химия, квантовая биология обеспечили развитие современной техники.*

3. *Все процессы в природе обусловлены ядерным, электромагнитным, слабым и гравитационным взаимодействием. Для описания процессов, происходящих в твердом теле при внешнем взаимодействии, достаточен учет только электромагнитного взаимодействия.*

4. *Самой точной физической теорией является сегодня квантовая электродинамика, которая дополняет классическую электродинамику Максвелла. В ней решена проблема взаимодействия фотона с электронами и ядрами атомов.*

5. *Единственным источником информации о поведении электронов в атомах и обменного взаимодействия атомов являются фотоны, энергия которых измеряется с самой высокой точностью.*

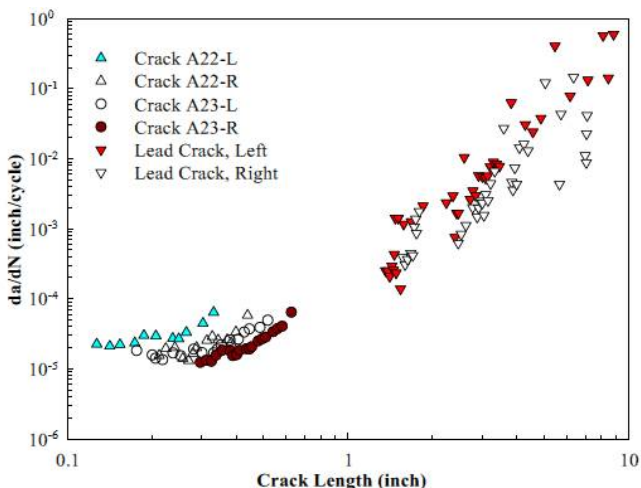


Figure 5.26. Crack growth rates of the lead crack were substantially higher than those of individual MSD cracks.

Квантовая электродинамика позволяет интерпретировать уравнение Максвелла (1) с позиций взаимодействия фотонов и электронов. С этих позиций энергия U_1 есть ни что иное, как энергия связи между атомами недеформированного материала. Накопление потенциальной энергии дисторсии U_2 возможно только в том случае, когда энергетическое состояние части атомов увеличивается.

Увеличение энергии атома обусловлено переходом электронов на более высокий энергетический уровень, который происходит при поглощении фотона. Такое состояние атома называется возбужденным, оно не соответствует минимуму потенциальной энергии и электрон переходит на нормальный уровень. Атом излучает ту энергию, которую поглотил. Квантовая механика исходит из того, что электроны находятся в потенциальной яме, самый высокий энергетический уровень которой, принят за нулевой. Это означает, что электроны в яме обладают отрицательной энергией. Нейтральный атом превращается в положительный ион, когда какой-то электрон приобретает энергию, достаточную для того чтобы покинуть атом.

Поведение электронов можно описать только в квантовой механике. Более того, это поведение в твердом теле зависит от размеров образца. В наноразмерной области оно отличается от мезо- и макрообласти. На этом основана нанотехнология. Это азы современной

квантовой механики, без которой дальнейший прогресс невозможен, в том числе и в решении проблем прочности и разрушения.

Я хочу убедить вас в том, что к этому выводу пришел Максвелл 160 лет назад.

Экспериментально установлено, что в пружинной стали при давлении 700 мегапаскаль энергия одельного атома равна двум десятитысячным электрон-вольта, тогда как при расслоении скотча наблюдалось рентгеновское излучение, энергия фотона которого в сто миллионов раз выше.

Когда мы гладим кошку или расчесываем сухие волосы пластмассовой расческой, образуется искра. Но пробивное напряжение сухого воздуха составляет тридцать тысяч вольт на сантиметр. Такую колоссальную энергию накапливают атомы!

Это означает, что при деформации образуются такие атомы, в которых электроны находятся на промежуточных энергетических уровнях довольно долго. Такие уровни называются метастабильными. Время жизни атома хрома в рубиновом лазере составляет тысячную долю секунды, но этого достаточно, чтобы накопить такую энергию, которая пробьет металл.

Итак, энергия дисторсии U_2 обусловлена образованием метастабильных атомов.

Все это говорит о том, что необходимо перейти от механических к квантовомеханическим моделям для объяснения неравновесных эффектов в твердом теле, которые могут заканчиваться разрушением и катастрофой.

Но не надо бояться того, что решение проблемы возможно только на квантовомеханическом уровне. Мало кто из вас задумывается о квантовой электронике, когда пользуется мобильным телефоном.

Посмотрите, пожалуйста, на **Table 23A-R**. Второй столбец тот же, что и в **Crack A23-R**, но увеличен в 10000 раз для сокращения записи.

В третьем столбце приведены значения изменения энергии дисторсии ΔU_2 , вычисленные при помощи формулы

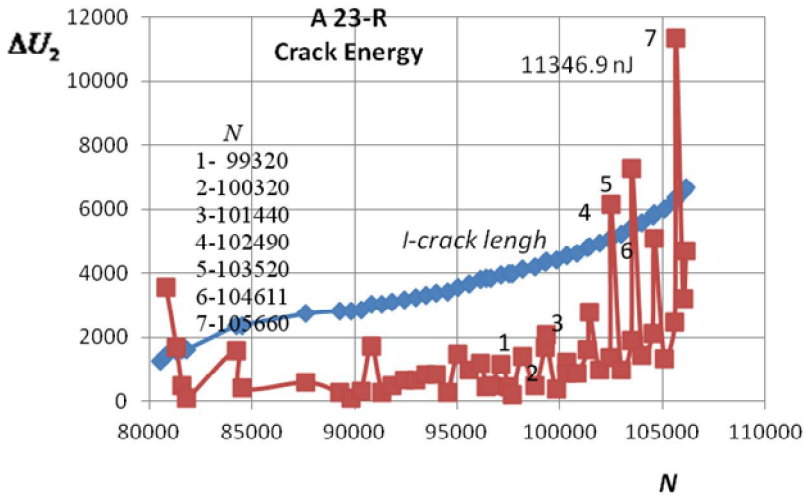
$$\Delta U_2 = \frac{h\varepsilon_b}{a^2} \frac{\Delta l}{\Delta N},$$

где h – толщина металла, a – постоянная кристаллической решетки, ε_b – энергия связи атомов, $\frac{\Delta l}{\Delta N}$ – скорость роста трещины. ΔU_2 выражена в наноджоулях.

Расчет и построение графика выполнены с помощью компьютерной программы Excel, формула для вычисления приведена вверху таблицы.

Table A 23-R					
Crack Cycle, Length and Cracks Energy ΔU_2 nJ					
Using Excel we find $\Delta U_2 f = (RC[-1]-R[-1]C[-1]) \cdot (RC[-2]-R[-1]C[-2]) * 5209$					
80550	1258		99320	4384	2082
80800	1430	3581.04	99820	4422	395.58
81300	1593	1696.83	100320	4542	1249.2
81580	1619	483.3214	100350	4547	867.5
81830	1624	104.1	100850	4632	884.85
84220	2359	1600.701	101350	4789	1634.37
84500	2381	408.9643	101440	4837	2776
87640	2739	593.4363	101940	4931	978.54
89260	2820	260.25	102440	5064	1384.53
89810	2830	94.63636	102490	5123	6141.9
90310	2861	322.71	103000	5221	1000.176
90810	3028	1738.47	103490	5401	1912.041
91340	3055	265.1604	103520	5443	7287
91840	3103	499.68	104020	5581	1436.58
92430	3178	661.6525	104520	5786	2134.05
92990	3248	650.625	104611	5875	5090.604
93480	3328	849.7959	105110	6002	1324.719
93980	3408	832.8	105610	6240	2477.58
94510	3436	274.9811	105660	6349	11346.9
95010	3577	1467.81	106020	6571	3209.75
95600	3690	996.8898	106160	6697	4684.5
96150	3815	1182.955			
96400	3837	458.04			
96650	3860	478.86			
97150	3970	1145.1			
97510	4001	448.2083			
97680	4008	214.3235			
98180	4144	1415.76			
98770	4200	494.0339			
99270	4364	1707.24			
			<i>N</i>	<i>l</i>	ΔU_2

Графики функций $l = f(N)$, синий цвет, и $\Delta U_2 = F\left(\frac{\Delta l}{\Delta N}\right)$, красный цвет, показаны на рисунке A23-R Crack energy.



Прошу вас сравнить информацию, которую вы можете получить только потому, что изменили метод анализа, время проведения которого занимает не более часа.

Мной предложен квантовомеханический аналог уравнения Максвелла.

В начальный момент t_0 , когда твердое тело не было подвержено внешнему воздействию, соблюдалось динамическое равновесие, обусловленное энергией связи атомов, которые условно назовем нормальными. Тогда суммарная энергия локальной группы атомов выражается уравнением

$$U_1(0) = \sum_{i,j} \varepsilon_i N_{n,j}(0), \quad (3)$$

где ε_i – энергия нормального атома, i -го типа, $N_{i,j}$ – число атомов этого сорта. При нелинейной деформации энергетическое состояние части нормальных атомов уменьшается, но появляются атомы, энергия которых возросла. Таким образом, в момент $t = t_c$ суммарная энергия

$$U(t_c) = \sum_{i,j} \varepsilon_i N_{(n-m)i}(t_c) + \sum_{k,l} \varepsilon_k N_{m,j}(t_c), \quad (4)$$

$$\text{где } U_2(t_c) = \sum_{k,l} \varepsilon_k N_{m,l}(t_c). \quad (3)$$

Здесь ε_k – энергия метастабильных атомов, которых условно назовем морбидными (от латинского morbid, что значит болезненный, патологический); $N_{m,j}$ – их число. Оказалось, что при откольном разрушении с поверхности откола меди излучаются фотоны с энергией 1,72 и 2,38, тогда как с откольной поверхности серебра – фотоны с энергией 4,08 электрон-вольта. Следовательно, при образовании одного типа морбидных атомов уравнение (3) упрощается

$$U(t_c) = \varepsilon_i N_{n-m}(t_c) + \varepsilon_k N_m(t_c). \quad (5)$$

Известно, что единственным источником информации об энергетическом состоянии атомов и их изменениях являются спектры электромагнитного излучения.

Современные методы позволяют исследовать их с такой точностью, которая невозможна никакими другими методами; позволяют изучать поведение отдельных атомов.

Это означает, что нет принципиальных трудностей для количественной оценки отношения $\frac{U_1(t_c)}{U_2(t_c)} < R_2$ или разности

$U_1(t_c) - U_2(t_c) < R_2$, которое можно использовать в качестве критерия разрушения, аналогичного $\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 - \beta\gamma - \gamma\alpha - \alpha\beta < R_2$, предложенного Максвеллом.

О КАЧЕСТВЕННО НОВОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И ВАРИАНТЕ УЧЕБНИКА ДЛЯ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ ПО СОВРЕМЕННОМУ ИЗЛОЖЕНИЮ ДАННОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Сироткин О.С., д-р техн. наук, проф.

Казанский государственный энергетический университет

В истории развития фундаментальных идей, на которых базировалось материаловедение в разные исторические периоды, некоторые авторы выделяют ряд следующих парадигм [1]. *Первая парадигма (менделеевская)* заключалась в необходимости учета влияния химического состава веществ и материалов на их свойства: «**состав – свойства**» (а точнее «химический состав – свойства»). *Вторая парадигма (курнаковская)*, по их мнению, заключалась в установлении зависимости между составом сплава и его свойствами: «состав – свойства». Однако в отличие от первой парадигмы в данной парадигме, в диаграмме состояния химический состав и термодинамические условия (в металлургии обычно температура) далее определяют уже и фазовый состав, а затем и свойства материала. Поэтому вторую парадигму логичней следует представить в следующем виде: «**химический и фазовый (в зависимости от химического состава и температуры) составы – свойства**». *Третья парадигма (тананаевская и др.)*, по мнению авторов работы [1], заключалась в преобразовании этой пары в триаду: «**состав – структура – свойства**». *И четвертая парадигма (самсоновская)* представляет собой уже квартет понятий: «**состав – технология – структура – свойства**». Авторы работы [1] считают, что сегодня четырехзвенная парадигма устарела и для изучения и создания материалов должна использоваться пятизвенная схема «**условия работы материала – состав – структура – технология – свойства**». Однако очевидно, что такая парадигма не совсем четко раскрывает последовательность использования на практике указанных звеньев. И, самое главное, не учитывает влияние типа химической связи на структуру и свойства различных веществ и материалов, в том числе, и на основе одного элемента (гомосоединения углерода, железа и т.д.) а также возможную их многоуровневую структурную организацию [18–23].

Современные достижения структурной химии и физики, а также механики привели к необходимости выработки общих подходов к иерархии структур [12]: *макроструктура* (вид излома, дендритное и полиэдрическое строение, размеры зерен и их ориентация,

$\sim 10^{-3} \dots \sim 10^{-1}$ м); *мезоструктура* (структура внутри зерен, дислокации и их ансамбли, дисклинации, ячейки, полигоны, их размеры и ориентация, $\sim 10^{-7} \dots \sim 10^{-3}$ м); *микроструктура* (иначе – рентгеноструктура, точечные дефекты, размеры и тип кристаллических решеток, величиной $\sim 10^{-10} \dots \sim 10^{-7}$ м), включая видимо и наноструктуры. Данные классификации традиционно базируются на систематизации структур металлов (без попыток привязки к ним структур одного из важнейшего класса материалов – полимерного), а положение наноструктур в них определены недостаточно четко. Поэтому уточненную универсальную классификацию уровней структурной организации металлических и неметаллических материалов можно представить следующим образом [19–23]: *микроструктура* (включая 3 подуровня: *электронно-ядерная*, *молекулярная* (образуют *тонкую* структуру) и *наноструктура*), *мезоструктура* и *макроструктура*. Отметим, что электронно-ядерная микроструктура (*1a*) является единой (общей по химической природе), базовой для любого вида металлического и неметаллического материала, так как любой из них характеризуется наличием в них химических элементов (ядер или атомных остовов), связанных той или иной разновидностью химической связи.

Необходимость создания единой универсальной классификации структурных уровней различных материалов обусловлена как причинами, носящими теоретический характер и связанными с конкретизацией основного объекта и базового понятия материаловедения – материала, так и чисто практическими соображениями. Последнее, в частности, обусловлено тем, что в современных условиях особое значение приобретает разработка перспективных подходов в конструировании и регулировании структуры материалов уже на тонком и наноструктурных уровнях (например, для создания наноматериалов). Как следствие, материал приобретает комплекс новых свойств, необходимых для практического использования в современных изделиях и конструкциях.

При этом конечные свойства материала определяются совокупным вкладом каждого из рассмотренных выше уровней или подуровней их структурной организации. В результате в общем виде любое свойство (физическое, механическое, химическое и т.д.) металлического и неметаллического материала может быть определено как совокупность вкладов в него всех имеющихся структурных уровней [20]:

$$CM = f\left(\sum_{i=1}^n k_i \cdot CM_i\right),$$

где SM – свойство материала; SM_i – свойство материала, которое определяется соответствующим структурным уровнем; k_i – коэффициент, учитывающий вклад данного уровня структуры материала в соответствующие (физические, механические, химические и др.) свойства материалов; n – число уровней структуры материала, где первым (базовым) является электронно-ядерный (химический) уровень структурной организации материала.

Несмотря на то, что свойства любого материала определяются совокупным вкладом всех уровней его структуры, для многих свойств, как правило, можно указать уровень структурной организации материала, вклад которого в соответствующее свойство является доминирующим [19–24]. Например, *электронно-ядерная структура* является определяющей для таких характеристик металлов, как пластичность (соответствующая самодиффузионному и диффузионному механизму), жесткость (характеризуемая модулем Юнга), электрическая проводимость, коррозионная стойкость; *наноструктура* определяет краудсионную и дислокационную пластичность. Магнитные свойства определяются элементами структуры (доменами), размер которых соответствует нано- и мезоструктуре, а хрупкость – элементами нано-, мезо- (дислокации и их ансамбли) и макроструктуры (трещины). Для полимерных материалов также можно провести подобные корреляции: старение, вызванное деструкцией и сшивкой макромолекул, определяется характеристиками *электронно-ядерной структуры*; межмолекулярные связи, относящиеся к *молекулярной структуре* (отсутствующей в металлах), влияют на большинство физических и механических свойств полимеров, в частности, температуру стеклования, размягчения и плавления, растворимость, летучесть, поверхностные свойства, совместимость, вязкость расплавов, кристалличность, прочность, текучесть, и т.д. Известно также, что многие важные с эксплуатационной точки зрения характеристики полимеров (такие как предел текучести и предел прочности) определяется элементами надмолекулярной структуры, образующими *нано-, мезо- и макроструктуру*. Влияние разных уровней структурной организации металлических и полимерных веществ и материалов на их некоторые свойства рассмотрено выше.

В результате, сегодня, эволюционно развивая парадигмы материаловедения, рассмотренные выше и систематизированные в институте материаловедения РАН авторами работы [24], докладчиком совместно с Сироткиным Р.О. в 2014 году была предложена следующая

новая пятизвенная система управления структурой и свойствами веществ и материалов с параллельным учетом для каждого звена технологических, эксплуатационных и термодинамических факторов. Это квинтет взаимосвязанных понятий: *«состав – тип связи – многоуровневая структура – свойства – технологии, условия эксплуатации и термодинамические факторы»* [24]. Причем она дополнительно учитывает не только химического и фазового состава материала, но и типов химических, физических и механических разновидностей связей элементов и фаз на разных уровнях структурной организации материала. И далее она учитывает термодинамическое и эксплуатационное воздействие на материал, с обязательной фиксацией технологического воздействия на него на разных составляющих предложенной парадигмы.

Естественно, что новая научная парадигма материаловедения рождает и новую методологию изложения этой важнейшей учебной дисциплины [21–25]. Вариант содержания современного учебника по материаловедению, предлагаемый автором настоящей работы с коллегами представлен на рисунке 1.

Библиографический список:

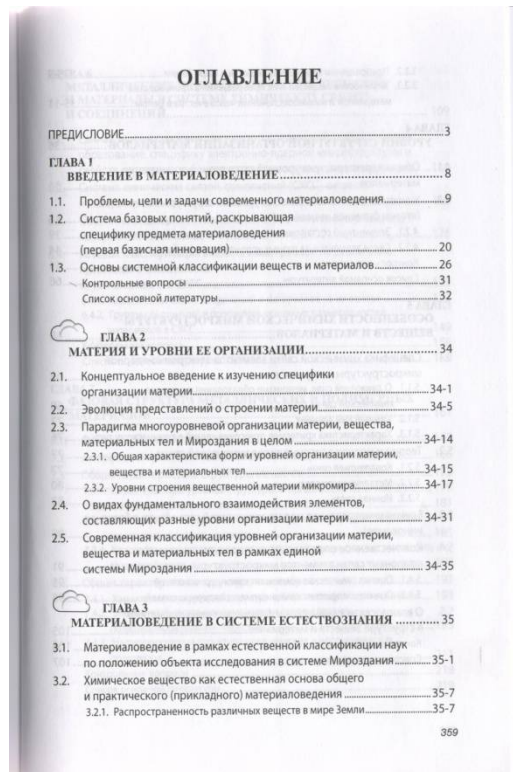
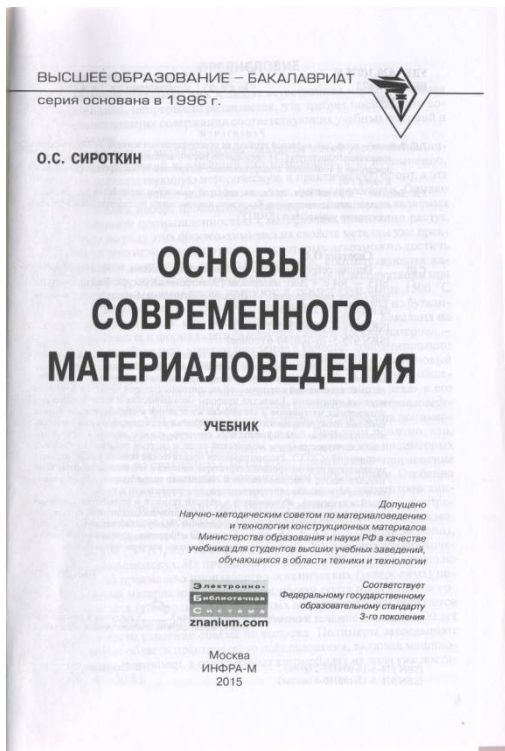
1. Верхотуров А.Д., Фадеев В.С. Некоторые вопросы современного состояния и перспективы развития материаловедения. Владивосток: Дальнаука, 2004. С. 125–128.
2. Агеев Н.В. Природа химической связи в металлических сплавах. М.–Л.: Изд. АН СССР, 1947. 120 с.
3. Паулинг Л. Природа химической связи. М.: Госхимиздат, 1947. 462 с.
4. Волков Г.М. Объемные наноматериалы. М: КНОРУС, 2011. 168 с.
5. Сироткин О.С. Тенденции, проблемы и перспективы инновационного развития материаловедения // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. № 8. С. 7–16.
6. Андрианов К.А. Полимеры с неорганическими главными цепями молекул. М.: АН СССР, 1962. 106 с.
7. Черкинский Ю.С. Химия полимерных неорганических вяжущих веществ. Л.: Химия, 1967. 224 с.
8. Ray N.H. Inorganic Polymers. London.– N.Y.– San. Fran.: Academic Press, 1978. 174 p.
9. Френкель С.Я. Неорганические полимеры // Энциклопедия полимеров. М.: Сов. энциклопедия, 1974. Т. 2. С. 363–371.

10. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. М.: Высшая школа, 1992. 512 с.
11. Сироткин О.С. Неорганические полимерные вещества и материалы (Безуглеродные макромолекулы и полимеры). Казань: КГЭУ, 2002. 288 с.
12. Тушинский Л.И. Структурная теория конструктивной прочности материалов. Новосибирск: НГТУ, 2004. 400 с.
13. Григорович В.К. Металлическая связь и структура металлов. М.: Наука, 1988. 296 с.
14. Сироткин О.С. Введение в материаловедение (начала общего материаловедения). Казань: КГЭУ, 2002. 184 с.
15. Сироткин О.С. Начала единой химии. Казань: АН РТ «Фэн», 2003. 252 с.
16. Сироткин О.С., Сироткин Р.О., Трубачёва А.М. О необходимости и варианте учета металлической компоненты в гетероядерных связях // Журнал неорганической химии, 2005. Т. 50. № 1. С. 71–75.
17. Сироткин О.С., Сироткин Р.О., Шибаетов П.Б. Характер влияния специфики гомо- и гетероядерной химической связи на энергию межмолекулярного взаимодействия и свойства веществ // Журнал неорганической химии. 2001. Т. 56. № 7. С. 1–6.
18. Сироткин Р.О., Сироткин О.С. Структура металлических и неметаллических материалов. Казань: КГЭУ, 2006. 92 с.
19. Сироткин Р.О. Электронно-ядерная, молекулярная и надмолекулярная структура полимерных материалов и их физико-механические свойства («состав – тип связи – структура – свойства» в полимерах и металлах). Казань: КГЭУ, 2007. 220 с.
20. Сироткин Р.О. Единство и различие структуры и свойств полимерных и металлических материалов // Технология металлов. 2008. № 7. С. 38–44.
21. Сироткин О.С., Сироткин Р.О. Основы теоретического материаловедения. Казань, КГЭУ, 2010. 300 с.
22. Сироткин О.С. Основы инновационного материаловедения. М.: ИНФРА-М, 2011. 158 с.
23. Сироткин О.С. Основы материаловедения. М.: КНОРУС, 2014. 262 с.
24. Сироткин О.С., Сироткин Р.О. Современная парадигма фундаментального развития материаловедения (Эволюция этапов развития парадигм, раскрывающих факторы управления свойствами материала) / Сб. трудов Всероссийского совещания заведующих кафедрами

материаловедения и технологии конструкционных материалов // НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Н.Новгород, 2014. С. 124–133.

25. Сироткин О.С. Основы современного материаловедения. М: ИНФРА-М, 2015. 364 с.

а)



б)

3.2.2. Превращения химических веществ в мире Земли.....	35-9
3.2.3. Химические вещества и их превращения в производстве материалов и жизнеобеспечении человечества в целом.....	35-11

ГЛАВА 4
УРОВНИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МАТЕРИАЛОВ..... 36

4.1. Общая характеристика уровней структурной организации материалов.....	36
4.2. Универсальная классификация уровней структуры материалов (вторая базисная инновация).....	38
4.2.1. Элементный состав разных структурных уровней материала.....	39
4.2.2. Связи элементов на разных уровнях структуры материала.....	44
Контрольные вопросы.....	65
Список основной литературы.....	66

ГЛАВА 5
ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ МИКРОСТРУКТУРЫ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ..... 68

5.1. Специфика химической связи элементов электронно-ядерной микроструктуры материалов.....	68
5.1.1. О движущей силе, механизме образования и природе химической связи.....	68
5.1.2. Химический элемент.....	73
5.1.3. Характеристика критериев отнесения связей к химическому типу.....	76
5.2. Теории и модели основных типов химической связи.....	77
5.2.1. Ковалентная связь.....	77
5.2.2. Металлическая связь.....	80
5.2.3. Ионная связь.....	83
5.3. Единая универсальная модель химической связи (третья базисная инновация).....	86
5.4. Количественное определение соотношения химических компонент связи элементов микроструктуры.....	91
5.4.1. Оценка химических компонент гомодерных связей.....	95
5.4.2. Оценка химических компонент гетеродерных связей.....	98
5.5. О взаимосвязи химических и физических взаимодействий в структуре веществ и материалов.....	105
Контрольные вопросы.....	106
Список основной литературы.....	107

ГЛАВА 6
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА И МАТЕРИАЛЫ В СИСТЕМЕ ХИМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ..... 109

6.1. Единая теория строения химических соединений, определяющая образование, специфику электронно-ядерной микроструктуры и свойств металлических и неметаллических веществ и материалов.....	110
6.2. Система химических связей, соединений (СХСС), веществ и материалов на их основе (четвертая базисная инновация).....	116
6.3. Общие закономерности изменения строения и свойств веществ и материалов в зависимости от положения в СХСС.....	126
6.4. Базовая классификация веществ и материалов по различным признакам в зависимости от их положения в СХСС.....	129
6.4.1. Классы химических соединений и материалов на их основе.....	133
6.4.2. Группы соединений и положение основных разновидностей материалов в СХСС.....	149
Контрольные вопросы.....	156
Список основной литературы.....	159

ГЛАВА 7
ФАЗОВАЯ СТРУКТУРА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ..... 161

7.1. Фазовые состояния вещества.....	162
7.2. Аморфное и кристаллическое состояние вещества и материала.....	166
7.3. Общая характеристика структуры металлов.....	175
7.3.1. Характеристика уровней структурной организации металлов.....	175
7.3.2. Фазовый состав сплавов.....	181
7.3.3. Промежуточные фазы и их классификация по природе и типу связи элементов, образующих сплавы.....	185
7.3.4. Классификация структурных элементов металлических систем по типу их взаимодействия.....	188
7.4. Общая характеристика структуры полимеров.....	193
7.4.1. Характеристика уровней структурной организации полимеров.....	193
7.4.2. Элементный состав макромолекул и основы теории полимеробразования вещества.....	195
7.4.3. Надмолекулярная структура органических и неорганических полимеров.....	211
Контрольные вопросы.....	218
Список основной литературы.....	219

В)

ГЛАВА 8	
КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ 221	
8.1.	Эксплуатационные, экономические и технологические свойства..... 221
8.2.	Свойство как функции многоуровневой структуры материала..... 223
8.3.	Разновидности свойств и их общая характеристика..... 228
8.3.1.	Физические и физико-химические свойства..... 228
8.4.	Основные химические свойства..... 242
8.5.	Основные механические свойства..... 242
8.6.	Особенности свойств полимерных материалов..... 253
	Контрольные вопросы..... 258
	Список основной литературы..... 259
ГЛАВА 9	
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАННОЙ СТРУКТУРОЙ И СВОЙСТВАМИ 261	
9.1.	Электронно-ядерная микроструктура и свойства материалов..... 262
9.1.1.	Факторы, определяющие тип химической связи, структуры и свойства материалов..... 262
9.1.2.	Характер зависимости физико-химических и механических свойств металлов и сплавов от соотношения ковалентной и металлической химических компонент гомодерных связей..... 272
9.1.3.	Влияние характера гетеродерной связи на структуру и свойства материалов..... 284
9.1.4.	Электронная конфигурация элементов и химическая структура ковалентных гомо- и гетеродерных неметаллических соединений..... 294
9.2.	Фазовая структура и ее превращения..... 296
9.2.1.	Фазовые превращения..... 296
9.2.2.	Характеристика фаз железоуглеродистых сплавов, их превращений и свойств..... 299
9.3.	Основы универсальной методологии проектирования структуры и свойств химических веществ и материалов на их основе..... 305
	Контрольные вопросы..... 310
	Список основной литературы..... 311
ГЛАВА 10	
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ 313	
10.1.	Проблемы, перспективы изучения и применения наноструктурированных систем..... 314
10.1.1.	История вопроса и перспективы..... 314
10.1.2.	Основные проблемы и терминология..... 319

362

10.2.	Физико-химические основы специфики природы и свойств наноструктурированных веществ и материалов..... 326
10.2.1.	Положение наноструктурированных объектов в системе Мироздания..... 328
10.2.2.	Факторы, определяющие специфику структуры и свойств нанофаз, отличающих их от индивидуальных химических и физических — атомарных веществ и наноструктурированного состояния вещества в целом..... 333
10.3.	Общая классификация наноструктурированных систем и характеристика технологий их получения..... 342
10.3.1.	К вопросу о возможных подходах к классификации наносистем и наноматериалов..... 342
10.3.2.	Общая характеристика технологий получения наносистем..... 350
	Контрольные вопросы..... 353
	Список основной литературы..... 354
Рекомендуемая литература 357	
Об авторе 358	

Рисунок 1 – Вариант содержания современного учебника по материаловедению

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ В ПРЕПОДАВАНИИ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

**Стативко А.А., канд. техн. наук, проф.,
Шопина Е.В., канд. техн. наук, доц.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г.Шухова*

Общетехнические дисциплины «Материаловедение» и «ТКМ» в БГТУ им. В.Г. Шухова изучаются студентами целого ряда направлений (15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника, 13.03.02 – Электропривод и автоматика, 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 23.03.01 – Технология транспортных процессов) на младших курсах.

Это обстоятельство накладывает определенные особенности чтение данного предмета. Следует иметь в виду, что изложение предмета «Материаловедение» до того как студенты изучили такие дисциплины, как физика и сопротивление материалов, связано с определенными трудностями изложения дисциплины.

В связи с этим лектору приходится давать краткие сведения из некоторых разделов физики и сопротивления материалов, излагать ряд понятий, без которых невозможно изучение отдельных разделов дисциплины. Например, при изложении темы «Пластическая деформация, рекристаллизация и механические свойства металлов», необходимо разъяснить студентам такие понятия из сопротивления материалов, как напряжения и деформация, механические характеристики при испытании на растяжение и т.п. Поэтому подготовка преподавателя к чтению лекции является важным этапом в процессе обучения, во многом определяющим качество чтения лекций и усвоения студентами материала.

Процесс подготовки к чтению лекций включает в себя:

- отработку тематического плана по данной дисциплине;
- составление плана каждой лекции;
- написание конспектов лекций;
- подбор наглядных пособий;
- использование мультимедийной техники.

Отработка тематического плана должна быть проведена методически довольно тщательно. Качество отработки тематического плана во многом определяет как логическую стройность дисциплины и

его соответствие рабочей программе, так и логическую стройность каждой лекции. На основании тематического плана составляются планы отдельных лекций.

В плане лекции, должны найти отражение следующие моменты:

- тема лекции и основные вопросы, излагаемые на ней;
- последовательность изложения отдельных вопросов в лекции и время, положительно отводимое лектором на каждый вопрос;
- наглядные пособия, используемые на лекции (плакаты, схемы, макеты);
- презентации и учебные фильмы, направленные на повышение эффективности восприятия материала;
- рекомендуемая литература;
- организационно-методические вопросы.

Написание конспекта лекций – процесс весьма ответственный и сложный. Нельзя не согласиться с мнением, что если преподаватель читал дисциплину, хотя бы несколько раз, то к очередному чтению лекций ему почти совсем не надо готовиться. Опыт преподавания дисциплины «Материаловедение» говорит о том, что каждый раз к очередному чтению дисциплины в целом и к каждой лекции в отдельности приходится много и тщательно готовиться.

Дело в том, что за время, прошедшее между чтением лекций по одноименной дисциплине происходит много такого, что необходимо учесть при очередном чтении дисциплины. Например, сам лектор, учитывая изменившуюся обстановку в требованиях, предъявляемых учебными планами и программами, а также в порядке своего методического совершенствования, может изменить в какой-то степени порядок, методику изложения и содержания лекции.

Следует также учитывать то обстоятельство, что для различных направлений подготовки бакалавров и специалистов учебными планами предусмотрено разное количество часов аудиторной нагрузки, что само по себе требует от лектора высокого профессионализма в подаче материала в развернутой или наоборот сжатой форме с сохранением необходимого объема материала.

В конспекте лекции должны быть отражены следующие основные моменты:

- идейная направленность лекции;
- рациональное деление материала;
- должна быть продумана система подзаголовков;
- логическая последовательность излагаемого материала, связь с предыдущим материалом;

- доходчивость изложения материала;
- иллюстративность;
- связь с практикой, эксплуатационная направленность.

В качестве примера можно провести некоторые особенности подготовки и чтения лекции на тему «Диаграмма состояния сплавов и железа с углеродом», при подготовке которой надо иметь в виду, что это одна из тем, которые усваиваются студентами наиболее трудно.

При изложении материала лекции следует базироваться на знаниях студентов, приобретенных ранее по данной дисциплине и, в частности, на сведениях об основных типах диаграмм состояния, о типичных структурах металлических сплавов и фазовых превращениях, происходящих с железоуглеродистыми сплавами при их медленном охлаждении или нагревании.

Поскольку диаграмма состояния Fe-C является сложной для студентов с точки зрения восприятия, то, дав общее описание диаграммы, следует приступить к рассмотрению компонентов и фаз, составляющих сплавы системы «Fe-Fe₃C». Наряду с этим дается описание линий и характерных точек, а затем последовательно рассматриваются превращения, происходящие при медленном охлаждении (или нагреве) в сталях и чугунах.

При изложении материала лекции необходимо как можно чаще указывать на связь между структурой железоуглеродистых сплавов и их свойствами.

Лекционное восприятие студентами темы «Диаграмма состояния Fe-Fe₃C» должно быть закреплено на лабораторных и практических занятиях с выполнением индивидуального задания по анализу происходящих превращений того или иного сплава.

На секции «Материаловедения и конструкционных материалов» кафедры «Технология машиностроения» при изучении студентами данной темы активно используются визуализации участков диаграммы с поэтапным рассмотрением всех превращений, происходящих в интересующих сплавах, а также короткие анимационные ролики, дающие визуальную опору в представлении происходящих процессов в сплавах.

Особенно следует подчеркнуть, что глубокое знание студентами диаграммы состояния Fe-Fe₃C необходимо для понимания ими в дальнейшем теории и технологии термической обработки стали.

При этом наши преподаватели особо акцентируют внимание студентов на линиях диаграммы PSK-Ac₁; GS-Ac₃; SE-Acm и превращениях, происходящих при переходе через них.

Заключительная лекция по дисциплине «Материаловедение» является своеобразной: в ней подытоживается все, ранее пройденное в данной дисциплине; обрисовывается перспектива в развитии теории и практики материаловедения; излагаются основные принципы выбора материалов для изготовления деталей машин.

Библиографический список:

1. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение: учеб. для вузов. СПб.: ХИМИЗДАТ, 2004. 736 с.

2. Фетисов Г.П., Карпман М.Г., Мятюнин В.М., Гаврилюк В.С., Соколов В.С., Соколова Н.Х., Тутатчикова Л.В., Спирихин И.П., Гольцов В.А. Материаловедение и технология металлов. М.: Высшая школа, 2007. 638 с.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНО- ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ШКОЛЕ С УЧЕТОМ ПРИНЦИПОВ НЕПРЕРЫВНОЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В СИСТЕМЕ «ШКОЛА – ВУЗ – ПРЕДПРИЯТИЕ»

Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,

Васнева В.А., аспирант,

Нелюбова В.В., канд. техн. наук, доц.,

Огурцова Ю.Н., канд. техн. наук

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Согласно Национальной образовательной инициативе «Наша новая школа», утвержденной Президентом РФ от 4 февраля 2010 г., модернизация и инновационное развитие – единственный путь, который позволит России стать конкурентным обществом в мире 21-го века, обеспечить достойную жизнь всем нашим гражданам. В условиях решения этих стратегических задач, важнейшими качествами личности становятся инициативность, способность творчески мыслить и находить нестандартные решения, умение выбирать профессиональный путь, готовность обучаться в течение всей жизни. Все эти навыки формируются с детства.

Школа является критически важным элементом в этом процессе. Главные задачи современной школы – раскрытие способностей каждого ученика, воспитание порядочного и патриотичного человека, личности, готовой к жизни в высокотехнологичном, конкурентном мире. Школьное обучение должно быть построено так, чтобы выпускники могли самостоятельно ставить и достигать серьезных целей, умело реагировать на разные жизненные ситуации [1].

На данный момент, школьное образование, как и высшее, находится в процессе трансформации и реформ, показателем успешности которых будет являться создание и формирование новой системы образования, ориентированной на развитие как предметных, так и социальных и личностных компетенций учащихся, а также активная интеграция образовательного учреждения в социально-экономические, политические и культурные процессы, происходящие в регионе. Все чаще школьники уходят после 9-го класса в колледжи или вообще прекращают обучение, настоящая школа становится не интересной для современной молодежи, в результате чего возникает отсутствие мотивации к дальнейшему обучению, нежелание развиваться

и поступать в высшие учебные заведения, следствием чего регион и страна в целом, может лишиться кадрового резерва специалистов.

В национальной образовательной инициативе «Наша новая школа» приведены характеристики, которыми должна обладать школа в 21-м веке. «Новая школа – это институт, соответствующий целям опережающего развития. В школе будет обеспечено изучение не только достижений прошлого, но и технологий, которые пригодятся в будущем. Ребята будут вовлечены в исследовательские проекты и творческие занятия, чтобы научиться изобретать, понимать и осваивать новое, выражать собственные мысли, принимать решения и помогать друг другу, формулировать интересы и осознавать возможности».

С целью создания кадрового резерва высококвалифицированных специалистов, а также создания оптимальных условий для непрерывного образования на протяжении всей жизни, формированию гибкой системы поступательного профессионального и карьерного роста, в БГТУ им. В.Г. Шухова была разработана и апробирована междисциплинарная научно-образовательная система непрерывной подготовки кадров «Школа – Вуз – Предприятие» [2].

Существующая система образования концентрируется на передаче учащимся традиционных знаний и обеспечении их подготовки по уже избранной специальности. При этом существует значительный риск быстрого устаревания знаний и полученного опыта. Система опережающего образования больше концентрируется на работе с фундаментальными знаниями, а также развитию процесса усвоения новых междисциплинарных знаний. Таким образом, основной задачей разработанной системы стала подготовка обучаемых к инновационному развитию в постоянно меняющихся условиях [2–4].

Школа, как начальная ступень в системе непрерывной подготовки кадров, помимо традиционных образовательных и воспитательных функций несет функцию формирования мотивации к последующей деятельности и продвижению в рамках данной системы. Как сказано выше, на данный момент в традиционной школе ситуация сложилась таким образом, что у учащихся старших классов мотивация к продолжению обучения в высшей школе достаточно низкая. Это обусловлено, в первую очередь, отсутствием осознания своих возможностей для последующей реализации в той или иной сфере профессиональной деятельности, а, следовательно, и интереса ней.

Применение современных образовательных технологий, элементов и инструментов, направленных не только на интенсификацию образовательного процесса, но и на профориентационную работу,

отвечающую современным требованиям, вносит значительный вклад в решение данных проблем.

Ключевую роль в реализованной междисциплинарной научно-образовательной системе непрерывной подготовки кадров играет развитие у обучаемых способностей к созиданию, саморазвитию и самообразованию, а также навыков решения нетиповых проблем в изменяющихся условиях. Именно эти качества определяют профессиональную успешность в инновационной отрасли.

Одним из таких компонентов являются каникулярные школы, обеспечивающие процесс обучения с межпредметной интеграцией. Целью каникулярных школ, является совершенствование системы каникулярной занятости учащихся, создание оптимальных условий для самореализации, творчества детей и гражданского становления личности, а также создание условий для развития творческого и интеллектуального потенциала школьников, их допрофессионального самоопределения.

Летом 2015 года в Белгородской области была проведена первая инновационная площадка – Летняя каникулярная школа «НаукоГрад НИКА», с применением самых современных образовательных и игровых технологий. В рамках работы школы были предусмотрены стажерские площадки, направленные на взаимодействие школьников и учителей с представителями науки, производства и бизнеса, решение реальных бизнес-кейсов и техно-кейсов инновационных компаний Белгородской области.

Летняя школа решает группу актуальных задач, связанных с повышением мотивации участия педагогов и учащихся в программе поддержки естественнонаучного образования и высоких технологий. Участники такой программы не только осваивают новые компетенции, востребованные в современном обществе, но и формируют рабочие связи в рамках сетевого содружества, объединяющего школьников, педагогов, ученых и бизнесменов.

Каждый школьник и педагог становится жителем города, устраивается на работу в стажерские площадки реальных компаний области. После оформления на работу и подписания Хартии жители города получают паспорт – рабочий документ, подтверждающий права и обязанности каждого гражданина НаукоГрада «НИКА», а также самый важный документ – кейс, составленный по материалам инновационных высокотехнологичных предприятий. Техно-Кейс – это не игровая, а реальная задача, записанная для того, чтобы стажеры могли помочь предприятию в решении конкретных актуальных задач.

Технология Техно-кейс, предлагаемая в рамках реализации междисциплинарной научно-образовательной системы непрерывной подготовки кадров «Школа – Вуз – Предприятие» является примером активного обучения. Активное обучение – такая организация и ведение образовательного процесса, которая направлена на всемерную активизацию учебно-познавательной деятельности обучающихся посредством широкого, желательного комплексного, использования как образовательных, так и организационно-управленческих средств. Кейс-метод (англ. Casemethod – метод анализа конкретных ситуаций), как технология обучения, использует описание реальных ситуаций и успешно применяется по всему миру с 1924 г. Обучающиеся анализируют ситуацию, изучают суть проблемы, разрабатывают и предлагают возможные решения, затем выбирают наиболее рациональное путем проведения сравнительных анализов и расчетов. В зависимости от источника ситуации выделяют: практические кейсы, отражающие абсолютно реальные жизненные ситуации; обучающие кейсы, основной задачей которых выступает обучение; научно-исследовательские кейсы, ориентированные на осуществление исследовательской деятельности.

«Техно-кейс» метод (рис. 1) – педагогическая технология образования, основанная на постановке и решении фундаментальных или прикладных задач в рамках реальной или смоделированной ситуации.

Каждый техно-кейс решается методом мозгового штурма (англ. brainstorming) – оперативный метод решения проблемы на основе стимулирования творческой активности, при котором членам группы предлагается высказывать как можно большее количество вариантов решения, в том числе самых фантастичных. Затем из общего числа высказанных идей отбирают наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике. После чего каждая команда, защищает свой проект перед представителями реальных компаний.

В процессе проектной работы над техно-кейсом одновременно применяются методы консультирования (менторинга – англ. mentoring, рус. синоним – наставничество), тренинга (англ. training от train — обучать, воспитывать) и коучинга (англ. coaching – обучение, тренировки) с привлечением представителей науки, производства и бизнеса.



Рисунок 1 – Этапы решения техно-кейсов

Факторами, повышающими эффективность образовательного процесса при решении техно-кейсов в рамках летней каникулярной школы, являются:

- получение навыков командной работы, эффективного распределения обязанностей, делегирования полномочий, осознания обязательств относительно общих мотивов и интересов. Преимуществом командной работы помимо увеличения скорости выполнения задач является совместный интеллектуальный рост и взаимообогащение знаниями. Объединяющими факторами в команде выступают: общая идея, общие цели и задачи, символика.

- возможность раскрытия творческого и организаторского потенциала обучающихся;

- расширение диапазона получаемых знаний и повышение наглядности и гибкости образовательного процесса за счет посещения инновационных компаний – авторов техно-кейсов с возможностью разрешения возникающих вопросов с сотрудниками данных компаний.

Таким образом, использование принципов непрерывной подготовки кадров в системе «Школа – Вуз – Предприятие» в рамках Летних каникулярных школ наряду с повышением качества системы каникулярной занятости учащихся, обеспечивает создание оптимальных условий для развития творческого и интеллектуального потенциала школьников, навыков командной работы, их допрофессионального самоопределения.

Библиографический список:

1. Национальная образовательная инициатива «Наша новая школа» (утв. Президентом РФ от 4 февраля 2010 г. № Пр-271).
2. Строкова В.В., Нелюбова В.В., Данакин Н.С., Васнева В.А. Опыт реализации концепции непрерывной подготовки специалистов «Школа – Вуз – Предприятие» в области наносистем в строительном материаловедении // Строительные материалы. 2014. № 6. С. 25–30.
3. Каменский Е.Г., Боев Е.И., Кравчук П.Ф. Конфигурация современного образовательного пространства в контексте инновационного развития: актуализация трансдисциплинарного подхода // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 211–214.
4. Данакин Н.С., Шутенко А.И. Образовательные инновации как фактор повышения конкурентоспособности современного вуза // European Social Science Journal. 2015. № 4. С. 114–118.

НЕПРЕРЫВНЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС КАК ФАКТОР БЕЗОПАСНОСТИ

Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,
Данакин Н.С., д-р социол. наук, проф.,
Муртазаев С-А.Ю., д-р техн. наук, проф.,
Алисултанова Э.Д., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Щербакова А.И., аспирант,
Чикилева Е.Н., аспирант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В октябре 1998 года в штаб квартире ЮНЕСКО состоялась международная конференция по высшему образованию (ВО). Результат собрания – «Всемирная декларация о высшем образовании для XXI века: подходы и практические меры». В документе говорится об основных задачах и целях ВО, необходимости получения специальности для современного человека, что естественным образом отразится на благополучии страны и ее граждан. По мнению участников, в современном мире огромное внимание уделяется подготовке «высококвалифицированных выпускников и ответственных граждан, способных удовлетворять потребности во всех сферах человеческой деятельности» [1].

Образование в современном обществе определяет качество жизни населения и уровень безопасности государства, затрагивает интересы всех граждан страны, обуславливает темпы ускорения научно-технического прогресса и усиление экономической мощи страны, выступает фактором стабилизации общества. Современное общественное развитие показывает, что сферы науки, образования и национальной безопасности – взаимосвязаны, взаимодействуют и взаимовлияют друг на друга.

В век стабильного прогресса и «революций» в научной и технической сферах, а также свободного доступа к любой информации – умение простых граждан пользоваться современными технологиями улучшается само собой, не говоря о людях, которые получают специальное образование. В связи с этим, знания и навыки пользования современными методами и технологиями специалистов в разнообразных отраслях должны быть на порядок выше, нежели граждан, которые руководствуются фактами, полученными из источника свободного доступа. Говоря об общедоступности информации любого направления деятельности и науки, возрастает

риск неправильного применения полученных знаний не специалистами: общество автоматически оказывается в зоне опасности. При демонстрации выпускниками ВУЗов результатов хуже, чем не профессионалы, необходимость в специалистах отпадает, а, следовательно, пропадает целесообразность в специальном образовании.

Подготовка специалистов имеет свою направленность и преследует актуальные для общества цели. Грамотно сформулировать задачи – важно, но, как показывает практика, найти подходящие способы ее достижения – процесс более трудоемкий и ответственный, над чем ученые России активно работают.

Научные и технические достижения, обуславливают развитие программ, приемов и методов образовательного процесса, для получения высококвалифицированных специалистов, которые смогут не только работать с современными технологиями и грамотно применять на практике полученные наукой знания, но и самостоятельно разрабатывать методики и программы. В России есть проблема недоверия граждан специалистам, в особенности тем кадрам, которые приступили к работе после окончания университета. В связи с этим возрастает необходимость в модернизации современного образования, с целью предоставления обществу высококвалифицированного специалиста сразу после получения диплома, и обеспечивающего безопасную для общества деятельность.

На сегодняшний день педагогами предложено огромное количество программ и теорий по эффективному, теоретически и практически насыщенному образовательному процессу каждой дисциплины. Основываясь на опыт преподавателей и знания, полученные при взаимодействии наук, ученые предложили термин «междисциплинарность», который поможет сделать специалистов более «закаленными» к необычным ситуациям, и обладающими знаниями, которые требуются на практике. Как утверждает [2]: «Человек, развивающий в себе междисциплинарное образование, вероятно, лучше подготовлен к возможным резким изменениям ситуации, у него есть некоторый запас прочности».

Трактовок термина «междисциплинарность» достаточно много. Например: междисциплинарность, как «между-дисциплинарность» [3, 4], то есть дисциплина, которая находится на стыке нескольких наук, но, тем не менее, имеет собственное «видение» проблемы и ее решение. По вопросу соотношения понятий междисциплинарности и трансдисциплинарности, ученые еще не пришли к единому мнению.

В числе первых о термине трансдисциплинарности заговорил Э. Морен, представитель Центра современной антропологии в Париже. Он предложил метафорическое определение схожих терминов, которое одновременно является и различием. Ученый сравнил междисциплинарность с советом ООН, где каждая страна заявляет о своем суверенитете по отношению к посягательствам соседних стран, в то время как трансдисциплинарность – «когнитивные схемы» которые могут переходить из одних наук в другие, иногда настолько резко, что дисциплины могут погружаться в состояние «транса» [5]. Трансдисциплинарность характеризует такие исследования, которые проходят «через», «сквозь» определенные науки, тем самым предоставляя более широкое поле работы и исследований для ученых, чем междисциплинарность.

На сегодняшний день предложенная концепция широко распространена среди педагогов при организации учебного процесса. Пользуясь опытом предшественников, ученые и педагоги БГТУ им. В.Г. Шухова разработали и реализовали междисциплинарную научно-образовательную систему непрерывной подготовки кадров «Школа – ВУЗ – Предприятие»: было предложено использование концепции трансдисциплинарности для воспитания и получения высококвалифицированных специалистов в области наносистем в материаловедении. Стоит отметить, что использование концепции трансдисциплинарности открывает возможность исследования дисциплины с нового ракурса.

Современное образование нацелено на получение специалистов, которые на практике смогут применять знания, приобретенные на протяжении всего образовательного процесса. Данное свойство уместно в относительно статичных науках, однако, говоря о той динамике развития, что мы наблюдаем в строительстве, нынешний объем информации, которым обладает среднестатистический выпускник ВУЗа, тем более инженер, – это только основа. С целью формирования исчерпывающего багажа знаний по получению степеней бакалавра и магистра, а также квалификации специалиста была использована концепция «Школа – ВУЗ – Предприятие», которая зарекомендовала себя, как успешная и грамотно составленная система непрерывного образования.

В системе используется трансдисциплинарный подход, который нацелен на повышение эффективности совместной работы участников образовательного процесса и предоставления широких возможностей для самообучения и саморазвития. Данный подход позволяет быстро

выявить талантливых детей и продолжить их развитие в сфере строительного материаловедения. В итоге общество получит высококвалифицированных специалистов, имеющих глубокие знания и практические навыки работы, что непосредственно отразится на безопасности самого социума.

Под безопасностью, на протяжении достаточно длительного времени, понималась защита государства от угрозы извне. В ходе событий последних десятилетий, сферы и трактовки данного термина значительно расширили свои границы. Сейчас ученые разных направлений выделяют свои виды безопасности, которые в равной мере имеют колоссальное влияние на жизнь и благоустройство общества и государства. В соответствии со Статьей 1 Закона РФ от 5 марта 1992 г. N 2446-1 «О безопасности»: «Безопасность – состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз» [6]. Следовательно, каждая наука и направление предлагают более подробные определения: социальная безопасность, информационно-психологическая, национальная, экономическая, политическая и другие, которые в итоге формируют безопасность государства и отдельного гражданина.

Говоря о специалистах в целом, в первую очередь понимается сотрудник, который в полной мере соответствует общепринятым требованиям с точки зрения профессионализма, а также, с точки зрения человеческих качеств. Государство, в конечном счете, получая высококвалифицированного кадра, предоставляет ему не только поле деятельности, в частности строительство, но также доверяет ему граждан, которые непосредственно будут зависеть от его работы и осознания ответственности.

Жизнь и работа современного человека зависит не только от него самого, но также от специалистов в разных сферах деятельности. Говоря о безопасности, в первую очередь понимается отсутствие опасности, какой именно – зависит от сферы, в которой применяют данный термин. Мы понимаем безопасность и профессионализм кадров как понятия тождественные.

В своей монографии Хазиева И.Х. [7] раскрывает все аспекты опасности, нависшие над современной Россией.

Учеными выделяются три основных понимания термина «безопасность»:

- безопасность – отсутствие опасности (угрозы);
- безопасность – защищенность от опасности (угрозы);

– безопасность – обеспечение защищенности от опасности (угрозы).

Для полноценного и успешного функционирования общества необходима своевременная работа каждого звена общества и его членов.

Профессионализм современного квалифицированного сотрудника включает в себя компетентность в каждом из видов опасности современного общества и государства. Для формирования актуальных знаний в данной сфере современных специалистов в концепции «Школа – ВУЗ – Предприятие» использовался опыт междисциплинарного преподавания.

Как утверждалось выше, развитие информационных технологий и техники в целом не стоит на месте, в этой связи педагогами в системе «Школа – ВУЗ – Предприятие» использовались мультимедийное оборудование и другие современные единицы техники, которые позволяют сделать образовательный процесс познавательным, емким и интересным для разных возрастных категорий.

Данная концепция предполагает собой, в отличие от уже действующей системы образования, ориентацию на междисциплинарные знания и на работу с фундаментальными знаниями. Если существующая система образования дает учащимся традиционные знания, которые к необходимому моменту, могут потерять свою актуальность, то разработанная система опережающего образования позволяет не только давать и использовать самые новые знания, но и просчитывать частотность их использования уже на практике, в качестве высококвалифицированного специалиста. Знания, полученные в результате данного образовательного процесса, дают обучающимся представление о работе предприятия и сокращают сроки вхождения будущего специалиста в производственный процесс.

Преподавателями БГТУ им. В.Г. Шухова совместно с представителями заводов и общеобразовательных учреждений были проведены совместные образовательные программы на базе действующих предприятий для школьников и студентов. Результаты отражены в многочисленных работах участников программы. Стоит отметить, что участники программы показали высокие результаты в изучаемых дисциплинах, а также повысился уровень коммуникабельности, улучшились умения работы в коллективе.

В реализации системы «Школа – ВУЗ – Предприятие» необходимо присутствие участников всех элементов: школьники, студенты (бакалавры), магистры, аспиранты, кандидаты (доктора) наук

(преподаватели вуза), работники предприятий, обучающиеся по программе повышения квалификации (переподготовке). Каждый из этапов предполагает собой набор определенных заданий и сроков выполнения.

Подсистема «Школа» нацелена на ознакомление школьников с возможностями современных технологий, с новейшими достижениями науки и дальнейшими их перспективами развития. За последние 5 лет сотрудниками БГТУ им. В.Г. Шухова было проведено несколько региональных конференций и курсов для школьников среднего и старшего звена по направлению «Нанотехнологии». Строит отметить, что результатом стали не только приобретенные учащимися знания в области науки, с которой они будут связаны, и обычная эрудиция для тех, кто не нашел себя в изучении нанотехнологий, но и укомплектованность интеллектуальных качеств: ответственность, инициатива, коммуникабельность, самоорганизация, уникальность склада ума.

Для этапа «ВУЗ» разработана специальная программа, позволяющая студентам повышать уровень квалификации за счет обучения, по междисциплинарным учебным комплексам, которые предусматривают изучение взаимосвязанных между собой дисциплин. Также, разрабатывается ряд методик и учебных пособий, которые основаны на трансдисциплинарном принципе обучения студентов по направлению «Материаловедение».

Подсистема «Предприятие» предполагает собой предоставление студентам прохождения производственной, преддипломной и научной практики как в своем городе, на базе выпускающего университета, так и в других городах России. На данном этапе студенты учатся применять полученные в университете знания на практике, что обуславливает благополучный старт карьеры и зарождение собственного видения путей эффективной работы по специальности [8].

Таким образом, проанализировав полученные результаты согласно поставленным обществом и работодателем целям и требованиям к опытным и начинающим сотрудникам, можно с уверенностью утверждать, что созданная и апробированная система «Школа – ВУЗ – Предприятие» на базе БГТУ им. В.Г. Шухова в полной мере отражает требования общества с точки зрения безопасности и подготовки высококвалифицированных специалистов.

Библиографический список:

1. Декларация «Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры» от 09 октября 1998 г. «Всемирная декларация о высшем образовании для XXI века: подходы и практические меры» / [Электронный ресурс], URL: http://www.e-joe.ru/sod/99/4_99/st180.html.
2. Соловьев А.А. Образование: междисциплинарность и разделенность // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2013. № 16 (119). Т. 14 С. 27–30.
3. Книгин А.Н. Междисциплинарность: основная проблема // Вестник Томского государственного университета. Серия Философия. Социология. Политология. 2008. № 3. С. 14–21.
4. Лысак И.В. Междисциплинарность и трансдисциплинарность как подходы к исследованию человека // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. 2014. № 6. Ч. II. С. 134–137.
5. Morin.E. La Tête bienfaite. Repenser la Réforme – Réformer la Pensée. Paris: Editions du Seuil, 1999. 155 p.
6. О безопасности: федер. закон Рос. Федерации от 05 марта 1992 года N 2446-I Принят Гос. Думой Федер. Собрания 7 декабря 2010 года Одобрен Советом Федерации 15 декабря 2010 года. [Электронный ресурс], URL: <http://www.scrf.gov.ru/documents/20.html>
7. Хазиев И.Х. Социальная безопасность в современной России: проблемы и решения // Изд.: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 148 с.
8. Строкова В.В., Нелюбова В.В., Васнева В.А., Чикилева Е.Н. Особенности образовательного процесса при реализации междисциплинарной системы непрерывной подготовки кадров // Сб. трудов Всероссийского совещания заведующих кафедрами материаловедения и технологии конструкционных материалов // НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Н.Новгород, 2014. С. 163–167.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАТИВНОСТИ
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ В ВИДЕ ЗОЛ-УНОСА ТЭС
РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ БИТУМА**

**Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,
Маркова И.Ю., инженер,
Дмитриева Т.В., канд. техн. наук**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В настоящее время изучение некондиционных природных материалов и отходов промышленности различного строения и генезиса с точки зрения использования для получения строительных композитов различного назначения является приоритетным направлением. Использование таких материалов позволит получать композиты с частичной или полной заменой традиционных составляющих и в тоже время сохранять или улучшать свойства получаемых материалов. Так для улучшения характеристик битумо-минеральных композиций для дорожного строительства применяют тонкодисперсные наполнители. Перспективными в этом отношении являются отходы топливно-энергетических предприятий в виде зол-уноса (ЗУ) ТЭС, использование которых позволит расширить номенклатуру модифицирующих добавок со структурирующим эффектом. Однако ввиду того, что на состав и свойства зол-уноса значительное влияние оказывает комплекс факторов (вид исходного топлива; способы и режимы сжигания топлива; способ золоудаления; содержание СаО в составе зол-уноса) необходимо их детальное изучение и выявление закономерностей.

В данной работе предложено рассмотреть золы-уноса шести предприятий: Троицкой ГРЭС (РФ), Рефтинской ГРЭС (РФ), Новотроицкой ТЭС (РФ), WE Energies (США), Columbia Energy Center (США) и Назаровской ТЭС (РФ). При использовании зол-уноса довольно часто возникают споры о том, насколько такое сырье безопасно. В связи с этим на первоначальном этапе необходимо проведение исследований на предмет радиоактивности отходов топливно-энергетических предприятий (в соответствии с ГОСТ 31108–94 [1] и НРБ–99/2009 [2]). Полученные данные (табл. 1) позволяют сделать вывод о том, что представленные материалы относятся к I классу и могут применяться во всех видах строительства.

Физико-механические характеристики зол-уноса целесообразно определять в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52129–2003 [3] для минеральных порошков, так как процессы структурообразования минеральных модифицирующих наполнителей с битумом схожи по своему характеру с механизмом взаимодействия в бинарной системе «битум – минеральный порошок».

Таблица 1 – Содержание естественных радионуклидов в золах-уноса

№ п/п	Производитель ЗУ	Сод-е СаО, %	Содержание естественных радионуклидов, Бк/кг
1	Троицкая ГРЭС (РФ)	0,61	92,2874±26,1173
2	Рефтинская ГРЭС (РФ)	1,28	103,2373±24,3896
3	Новотроицкая ТЭС (РФ)	1,35	109,6729±34,8911
4	WE Energies (США)	3,36	227,563±40,285
5	Columbia Energy Center (США)	26,63	251,427±40,835
6	Назаровская ТЭС (РФ)	37,80	365,7630±54,4277
7	Известняковый минеральный порошок (ИМП)	51,42	24,249±11,404
8	Допустимые значения согласно ГОСТ 30108–94	–	<370

Далее по тексту золы-уноса будут указаны в соответствии с номерами в таблице.

Наиболее важными из приведенных в таблице 2 характеристик являются распределение частиц по размерам, удельная поверхность и пористость исследуемого техногенного сырья. Однако, необходимо учитывать тот факт, что распределение частиц по размерам проводится, в соответствии с ГОСТ, ситовым методом, который позволяет оценить лишь количество частиц $\leq 1,25$; $\leq 0,315$ и $\leq 0,071$ мм.

Среди представленных образцов зол-уноса наибольшее количество частиц менее 0,071 мм содержится в высококальциевых (ВК) золах-уноса – №5 и №6 – 95,3 и 94,5 % соответственно. Низкокальциевая (НК) зола-уноса зарубежного производства – образец №4 так же отличается высоким содержанием частиц, прошедших через сито № 0,071 – 92,9 %. У образцов НК зол-уноса №1, №2 и №3 содержание частиц $\leq 0,071$ мм составило 79; 76,3 и 63,3 % соответственно, что значительно ниже в сравнении с ВК золами и ИМП.

Учитывая особенности определения зернового состава в соответствии со стандартной методикой, целесообразно изучение распределения частиц представленных материалов по размерам с помощью лазерной дифракции. Этот способ позволяет осуществить

оценку дисперсных материалов в диапазоне измерений 0,01–2000 мкм (рис. 1).

Таблица 2 – Основные характеристики алюмосиликатного техногенного сырья

№ п/п	Содержание частиц, % по массе: – мельче 1,25 мм; – мельче 0,315 мм; – мельче 0,071 мм	Удельная поверхность по данным ПСХ, м ² /кг	Пористость, %	Средняя плотность, г/см ^{3*}	Истинная плотность, г/см ^{3*}	Насыпная плотность, г/см ^{3*}	Влажность, %
1	100; 99,4; 79	492	43	1,20	2,11	0,80	0,27
2	100; 99,4; 76,3	327	36	1,30	2,02	1,05	0,15
3	100; 99; 63,3	301	42	1,20	2,08	0,98	0,59
4	100; 100; 92,9	271	35	1,60	2,45	1,12	0,25
5	100; 99,9; 95,3	509	36	2,00	3,14	1,42	0,10
6	100; 99,9; 94,5	449	47	1,80	3,37	1,38	0,40
7	100; 94; 83	418	27	1,90	2,62	1,35	0,40
8	не менее 95; от 80 до 95; не менее 60	–	≤ 40	–	–	–	≤ 2,5

*единицы измерения плотности представлены согласно ГОСТ Р 52129–2003

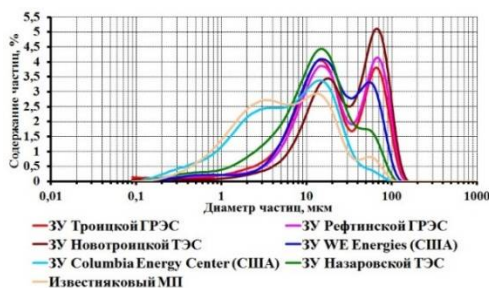


Рисунок 1 – Распределение по размерам частиц зол-уноса

пиками в области 60–70 мкм (отходы отечественных предприятий) и 50–60 мкм (зарубежные) (рис. 1). Кроме того, у НК зол (образцы №1, 2, 3 и 4) отмечается значительное содержание частиц 14–20 мкм. Образцы ВК зол-уноса отечественных предприятий имеют значительные отличия в распределении частиц по размерам – интенсивность пиков в областях 6–7, 14–15 и >40 мкм. Так ЗУ №5 имеет в своем составе больше частиц

Данные полученные с помощью лазерного анализатора частиц позволил установить, что максимальный размер частиц для представленных образцов зол-уноса в среднем составляет около 100 мкм. Характерной чертой топливных отходов является полидисперсное распределение (рис. 1). НК зол-уноса характеризуются

размером < 6–7 мкм и небольшим пиком в области 14–15 мкм, в отличие от ЗУ №6, которая характеризуется большим скачком в области 14–15 мкм и небольшим содержанием частиц 40–60 мкм. В сравнении с ИМП ВК золы имеют незначительные отличия: на 0,5 % уменьшается содержание частиц 12–14 мкм, увеличивается содержание частиц менее 7 мкм и частиц размером 50–60 мкм.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что фракционный состав ВК зол-уноса схож с ИМП, но более дисперсны в сравнении с НК.

Степень дисперсности порошкообразных материалов, которая дает возможность установить их структурирующую способность можно определить и с помощью значений удельной поверхности ($S_{уд}$).

Удельную поверхность в данном случае возможно определить несколькими (рис. 2): с помощью прибора ПСХ; расчет на основе данных лазерной дифракции (ЛД); с помощью прибора Сорби-М, учитывающего поры открытого и закрытого характера в общей пористости материалов.

Значения удельной поверхности, полученные на приборе ПСХ (табл. 2, рис. 2) показывают, что ВК ЗУ (образцы № 5, 6) являются более дисперсными в сравнении с НК (образцы № 2–4). Среди НК выделяется ЗУ №1, удельная поверхность которой сопоставима с ВК и составляет 492 м²/кг. Это на 10 % выше значения $S_{уд}$ ЗУ №6, на 4 % ниже $S_{уд}$ ЗУ №5 и на 15 % превышает значение $S_{уд}$ ИМП из известняка.

Значения удельной поверхности, рассчитанных на основе данных (ЛД) коррелируют с данными полученными на приборе ПСХ, однако стоит отметить их увеличение. Это обусловлено диапазоном измерения лазерного анализатора частиц (0,1–2000 мкм). Так НК золы уступают ВК в величине удельной поверхности. Среди НК зол заметно выделяется ЗУ №1, имеющая наибольшую $S_{уд}$, что объясняется значительным содержанием частиц размером менее 1 мкм (рис. 1).

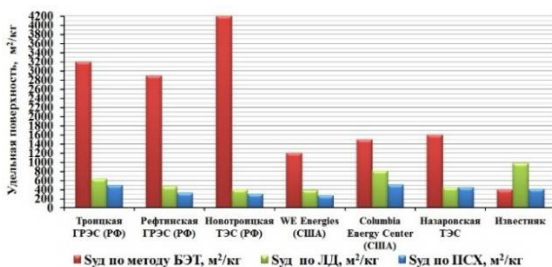


Рисунок 2 – Удельная поверхность техногенного сырья

При выборе материалов с точки зрения использования их в битумоминеральных композициях необходимо учитывать их пористость. Прибор Сорби-М позволяет измерить активную удельную поверхность техногенного сырья с учетом его пористости (рис. 3). Сравнение этих значений с полученными двумя другими способами показывает отличия в несколько раз (рис. 2).

Значения удельной активной поверхности проб ЗУ №1, №2 и №3 возрастает на 82, 86 и 92 %, что объясняет наличие в этих материалах 38, 44 и 69 % пор размером 51, 80 и 80 нм. У проб ЗУ №4, №5 и №6 $S_{уд}$ увеличилась лишь на 73, 56 и 72 % за счет содержания 87, 62 и 60 % пор меньшего диаметра (15, 51 и 65 нм).

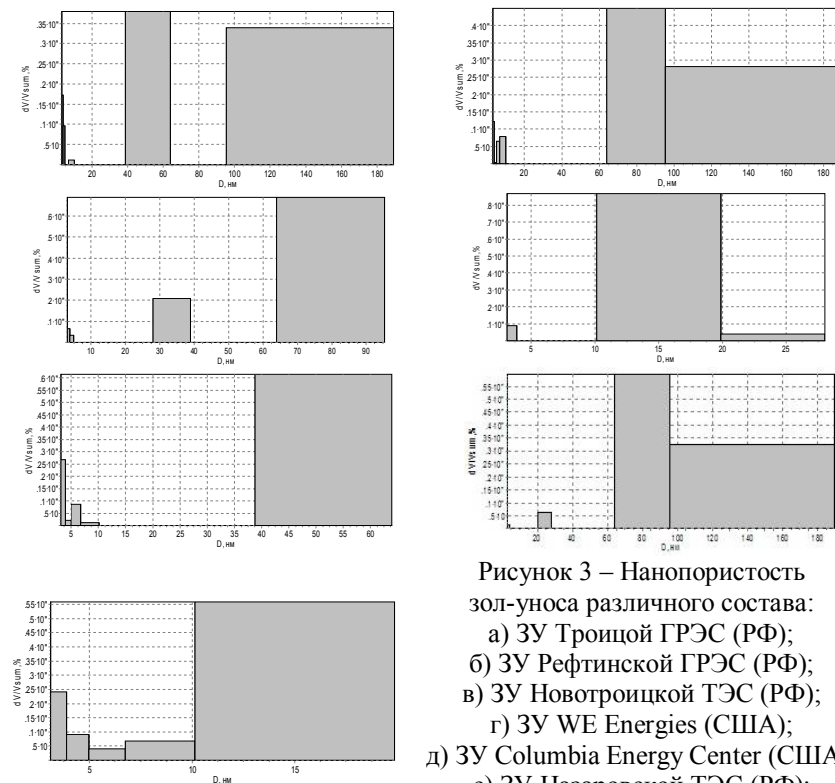


Рисунок 3 – Нанопористость зол-уноса различного состава:

- а) ЗУ Троицкой ГРЭС (РФ);
- б) ЗУ Рефтинской ГРЭС (РФ);
- в) ЗУ Новотроицкой ТЭС (РФ);
- г) ЗУ WE Energies (США);
- д) ЗУ Columbia Energy Center (США);
- е) ЗУ Назаровской ТЭС (РФ);
- ж) ИМП

Золы-уноса №1, №5 и №6 имеют наибольшую удельную поверхность по данным ЛД и ПСХ и более дисперсны в сравнении с остальными, следовательно, их структурирующая способность при взаимодействии с битумом будет выше. Однако, пористость (табл. 2, рис. 3) техногенного сырья оказывает значительное влияние на процессы, протекающие в бинарной системе «битум – зола-уноса», и на количество потребляемого вяжущего [4]. Рациональное использование пористого алюмосиликатного минерального сырья для производства дорожно-строительных материалов позволит улучшить физико-механические и эксплуатационные характеристики композита (тепло- и трещиностойкость) [5, 6].

Таким образом, анализ основных физико-механических характеристик (удельной поверхности, пористости и распределения частиц по размерам) с использованием различных методик и оборудования позволил выделить золы-уноса, которые представляют наибольший интерес с точки зрения использования в качестве модификаторов битума для дорожного строительства.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 14-41-08024.

Библиографический список:

1. ГОСТ 31108–94 Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов. Введ. 30.06.1994. М.: Изд-во стандартов, 1994. 4 с.
2. Нормы радиационной безопасности НРБ–99/2009, Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523–09.
3. ГОСТ Р 52129–2003 Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия. Введ. 27.06.2003. М.: Изд-во стандартов, 2003. 22 с.
4. Грушко И.М. Испытания дорожно-строительных материалов. Лабораторный практикум. М.: Транспорт, 1985. 201 с.
5. Высоцкая М.А., Кузнецов Д.К., Барабаш Д.Е. Особенности структурообразования битумо-минеральных композиций с применением пористого сырья // Строительные материалы. 2014. № 1–2. С. 68–71.
6. Кузнецов Д.А., Агамян Б.С., Баранов Т.Р. Устойчивость к образованию трещин при старении асфальтобетона с пористыми минеральными порошками // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 43–45.

ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА БУНТОВОГО ПРОКАТА ПРИ ДВУСТАДИЙНОМ ОХЛАЖДЕНИИ

Сычков А.Б., д-р техн. наук,
Малашкин С.О., аспирант,
Камалова Г.Я., аспирант

*Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова*

Рынок металлопродукции потребляет катанку для производства проволоки под пружины, канаты, металлокорд, для железобетонных шпал, сварочные электроды и омедненную проволоку для сварки строительных конструкций, корпусов судов, труб большого диаметра и магистральных газо- и нефтепроводов.

Основным оборудованием для производства катанки с управляемым обеспечением требуемой структуры и свойств являются линии двустадийного охлаждения Stelmor. Преимуществом таких линий Stelmor является возможность осуществлять регулирование скорости охлаждения катанки в широком диапазоне скоростей – на водяной стадии в пределах 400–1000 °С, на воздушной – 0,2–30 °С. С точки зрения производства катанки с диаметрально противоположным уровнем скоростей охлаждения, в основном, на воздушной стадии, представляет интерес рассмотрение двух марок стали – высокоуглеродистой типа 80 для производства канатов, металлокорда и т.п. и низкоуглеродистой легированной стали типа Св-08ГНМ [1–3].

1. Катанка из высокоуглеродистой стали

Высокоуглеродистая ($C \approx 0,50\text{--}0,90\%$) катанка используется для производства проволоки для подъемных и трансмиссионных канатов, пружин, проволочной арматуры и арматурных прядей, оплеток рукавов высокого давления, металлокорда.

Высокоуглеродистая катанка для производства высокопрочных натяжных проволок и арматурных канатов [1,3]

Высокоуглеродистой катанки предназначена для переработки в высокопрочную проволоку и проволочные изделия для армирования железобетонных конструкций (плит перекрытий, конструкций автомагистралей, виадуков), обрезиненных устройств-ковриков для плавного пересечения автомобилями железнодорожных переездов, натяжных прядей канатов для вантовых мостов. Катанка, используемая при современной технологии производства

высокопрочных арматурных, должна иметь такой же комплекс свойств, как и патентованная катанка.

Основной сложностью в производстве данного вида продукции является обеспечение структуры сорбитообразного перлита и высокой прочности исходной катанки – не менее 1150, 1200 и 1250 Н/мм², что обусловлено высокой прочностью арматурных канатов – не менее 1770, 1860, 2000 Н/мм² и более. Так как для производства данной продукции используется катанка крупных диаметров – 8,0–16 мм, то проблема обеспечения заданного структурного состояния и предела прочности в исходной катанке достигается легированием стали и интенсивным охлаждением на линии Stelmor. Максимальная скорость воздушного охлаждения катанки составляет не более 10–12 °С/с вместо необходимых 20–25 °С/с. Вследствие этого достижение требуемой структуры и уровня прочности катанки может быть получено только при дополнительном легировании стали ванадием (дисперсионное упрочнение) и/или хромом (твердорастворное упрочнение).

Наличие структурной неоднородности в стали приводит к появлению микронапряжений, в результате чего при проведении механических испытаний непосредственно после прокатки наблюдается преждевременный разрыв образцов катанки, вследствие чего не достигается номинальное значение предела прочности. Разрушения происходят в местах химической и структурной неоднородности стали. В результате номинальный предел прочности катанки достигается только после ее вылеживания в течение нескольких дней, в процессе которого существенно снижается содержание водорода в стали и уровень микронапряжений. Очевидно, что химическая и структурная неоднородность стали оказывает негативное влияние и на технологичность переработки катанки-проволоки на метизном переделе.

Другим проявлением ликвационных процессов в высокоуглеродистой катанке является образование цементитной сетки, степень развития которой повышается с увеличением содержания углерода в стали. Подавить выделение цементитной сетки возможно либо интенсивным воздушным охлаждением катанки, либо снижением содержания углерода в стали за счет дополнительного легирования такими элементами, как Mn, V и Cr.

Для устранения негативного влияния структурной неоднородности стали, в том числе мартенситных участков, необходима установка эффективной системы ЭМП, увеличение поперечного сечения НЛЗ, интенсификация воздушного охлаждения катанки на линии Stelmor.

Для снижения негативного влияния структурной неоднородности катанки из высокоуглеродистой стали, содержащей добавки V и/или Cr, такую сталь микролегируют бором.

Как показали опытно-промышленные эксперименты, технологичность переработки высокоуглеродистой катанки в арматурные проволоку и пряди – удовлетворительная.

Катанка для производства железнодорожных шпал [4–7]

Негативными факторами, снижающими технологичность переработки проката на метизном переделе, являются грубодисперсная структура перлита и неравномерное распределение перлитной структуры по сечению проката, наличие мартенситных и цементитных участков.

Металловедческая гарантия формирования пластинчатого перлита высокой дисперсности – сорбитообразного перлита заключается в регламентируемом охлаждении проката в бунтах диаметром 15,5–16,0 мм с рациональными температурой аустенитизации и скоростью до температурной области сорбитного превращения. Выбор режимов аустенитизации проката и последующего его охлаждения на линии Stelmor обоснован на термокинетической диаграмме (ТКД) для стали типа 80P и закономерностях распада аустенита при непрерывном охлаждении, согласно которым межпластинчатое расстояние в перлите подчиняется параболической зависимости. Максимальное межпластинчатое расстояние (малопластинчатого грубодисперсного перлита) формируется при температурах аустенитизации (температуры виткообразования на линии Stelmor) в диапазоне 830–880 °С. Оптимальная структура сорбитообразного перлита может быть получена при температурах как ниже, так и выше этого температурного диапазона. Однако, при температурах ниже 830°С кроме постепенного увеличения дисперсности перлита формируется также вследствие высокой скорости водяного охлаждения структура отпущенного сорбита, обуславливающего развитие поверхностных микротрещин и обрывность такого металла при волочении. При температурах выше 880 °С степень дисперсности перлита резко увеличивается с повышением температуры, оптимальный диапазон температур составляет 950–1000 °С. Недостаток этого диапазона температур заключается в том, что при температуре близкой и выше 1000 °С вероятно образование на поверхности проката неудовлетворительной стеклообразной окалины с фаялитом (Fe₂SiO₄), которая фактически не удаляется с поверхности перед волочением ни химическим, ни механическим способом. Поэтому наиболее приемлемый диапазон

температуры аустенитизации (виткообразования) составляет 950–980 °С. При этом на поверхности проката формируется повышенное количество воздушной окалины – в среднем до 8 кг/т, вместо 2–3 кг/т при низких температурах (880 °С) [8, 9–11].

Обязательным условием формирования сорбитообразного перлита после водяного охлаждения проката на линии Stelmor и получения оптимальной температуры сорбитизации является воздушное охлаждение со скоростями 25–30 °С/с.

Поэтому, основываясь на вышеуказанном, в конкретных производственных условиях предложено увеличить температуру виткообразования как минимум до 920–930 °С вместо 840–880 °С для максимальной сорбитизации перлитной структуры; скорость роликового транспортера витков – 0,5–0,8 м/с (в дальнейшем, по возможности, – до 1,0–1,2 м/с) для получения однородности структуры и свойств витков проката за счет равномерного обдува металла вентиляторным воздухом. Для исключения на метизном переделе операции патентирования рекомендуется модернизация линии Stelmor.

Предложенные режимы обеспечили максимальную однородность структуры, высокую дисперсность перлита: межпластинчатое расстояние в перлите по режимам соответственно составило 0,28 мкм при прокатной нормализации, 0,23 мкм при скорости транспортера 0,5 м/с и повышенной температурой виткообразования и охлаждении вентиляторами, 0,15 мкм при скорости транспортера 0,8 м/с и повышенной температурой виткообразования и охлаждении вентиляторами. На рисунке 1 и 2 представлены ТКД и микроструктуры стали марки 80P.

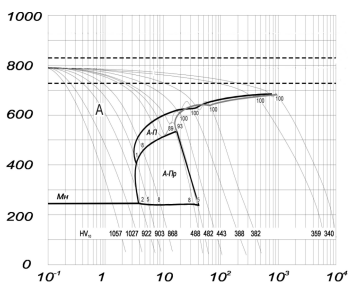


Рисунок 1 – Термокинетическая диаграмма превращения аустенита стали 80P при непрерывном охлаждении (построена Евсюковым М.Ф. – ИЧМ НАНУ, г. Днепрпетровск)

Наблюдается различие в дисперсности перлита – количестве перлита 1 и 2 баллов по ГОСТ 8233-56 на поверхности и сердцевине поперечного сечения проката. Эта разница составляет на опытном металле до 10 %, для контрольных партий – до 40 %.

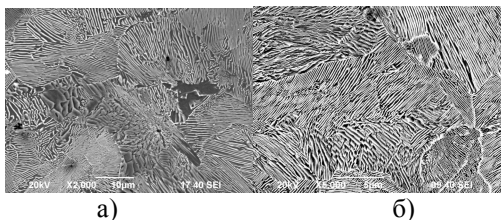


Рисунок 2 – Микроструктура стали 80Р (исследование на РЭМ в условиях коллективного центра «МГТУ им. Г.И. Носова»)

- а) микроструктура по действующему режиму охлаждения: температура аустенизации 850 °С, транспортер – 0,15 м/с, 13 вентиляторов в работе (межпластинчатое расстояние 0,3 мкм);
- б) микроструктура по рекомендованному режиму охлаждения: температура аустенизации 980 °С, транспортер – 0,5 м/с, 13 вентиляторов в работе (межпластинчатое расстояние 0,15 мкм)

Перспектива опытного режима очевидна и надо полагать, что с усовершенствованием режима воздушного охлаждения витков проката на роликовом транспортере за счет модернизации системы вентиляторного охлаждения, станет возможным производить прокат с высокой степенью сорбитизации перлитной структуры, что позволит отказаться от термической обработки проката – патентирования на метизном переделе, то есть исключить один передел.

Высокую эффективность опытных режимов доказывает снижение обрывности на метизном переделе и на ЗЖБШ. Долевое влияние на обрывность при волочении составило примерно 50 %: обрывность опытных партий проката составило 0,01 т⁻¹ по сравнению с 0,04 т⁻¹ на контрольных партиях.

2. Сварочная катанка из легированных сталей

Современная технология предполагает получение омедненной сварочной проволоки необходимых диаметров без применения умягчающей термообработки, что достигается за счет уникального комплекса свойств катанки – способности деформироваться до конечных диаметров 0,8 (0,6) мм и выше (в зависимости от марки стали

и ее назначения для дальнейших сварочных работ). Технология безотжигового волочения катанки в проволоку содержит следующие этапы: механическое удаление окалины, сухое волочение катанки на промежуточный диаметр 5,15–1,70 мм (в зависимости от марки стали), затем без применения промежуточной термообработки – или мокрое волочение, совмещенное с электрохимическим омеднением поверхности проволоки диаметром 1,6–0,8 (0,6) мм или сухое волочение проволоки диаметром 5,0–2,0 мм и омеднение.

В работе [2] нами разработаны принципы пластифицирования катанки сварочного назначения, снижающие действие структурно-деформационных упрочняющих эффектов, которые заключаются в следующем: уменьшении общей степени легирования твердого раствора за счет снижения (в рамках требований нормативной документации) содержания в стали углерода, марганца, кремния, фосфора, хрома, никеля, меди, молибдена, ванадия; снижении микродеформации кристаллической решетки феррита и плотности дислокаций за счет вывода из твердого раствора атомов внедрения – азота, что достигается связыванием азота бором в мелкодисперсный нитрид бора при соотношении В/N, близком к стехиометрическому соотношению (~ 0,8); снижением в максимальной степени микроликвационных явлений в НЛЗ и прокате; уменьшением количества бейнитно-мартенситных уастков путем проведения разупрочняющей ТМО катанки [2, 12].

Внедрение современного металлургического оборудования (VD, ЭМП, длинной линии Stelmog) и новых технологий (микролегирование стали бором, модифицирование неметаллических включений (НВ) кальцием, снижение содержания в стали углерода, марганца, фосфора и серы, применение разупрочняющей ТМО) позволило обеспечить значительное повышение технологической пластичности катанки. На рисунке 3 и 4 представлены ТКД непрерывного охлаждения стали марки Св-08ГНМ и эффективная структура этой стали.

Результаты лабораторных исследований на катанке из стали марки Св-08ГНМ показывают, что самые высокие показатели пластических характеристик соответствуют изотермической выдержке в интервале температур 600–700 °С в течение 20–30 мин, причем выдержка в течение 30 мин влияет в большей степени. Такие температурно-временные параметры обработки в максимальной мере способствуют превращению аустенита в феррит и перлит.

Таким образом, внедрены научно обоснованные технологические решения по производству высокоуглеродистой катанки под арматурные канаты и железнодорожные шпалы. Сочетание новых технологических

приемов выплавки стали, прокатки и ТМО позволило осуществить в промышленных масштабах безотжиговое волочение катанки-проволоки.

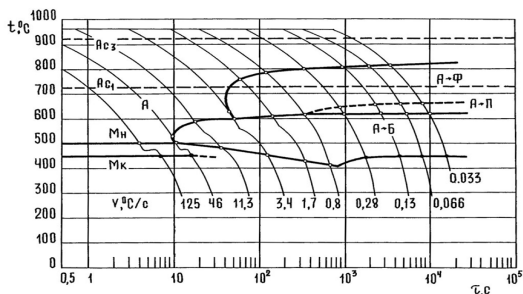


Рисунок 3 – Термокинетическая диаграмма превращения аустенита при непрерывном охлаждении стали Св-08ГНМ (построена Евсюковым М.Ф. – ИЧМ НАНУ, г. Днепропетровск)

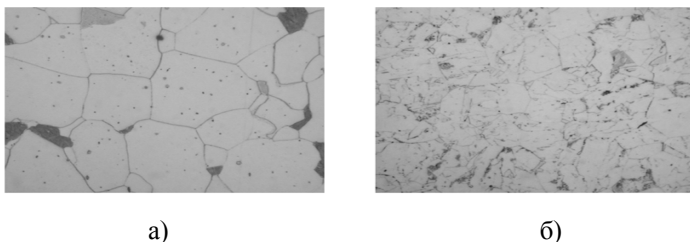


Рисунок 4 – Микроструктура стали Св-08ГНМ.
Размер зерна стали Св-08ГНМ:

- а) $t_{в.у.} = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ – № 9-8 ГОСТ 5639-82 (Размеры зерен),
 $V_{тр} = 0,09\text{--}0,12 \text{ м/с}$, время квазиизотермической выдержки под т/изол. крышками (120 м) – 1200 с, $V_{охл} = 0,3 \text{ }^\circ\text{C/с}$.
- б) $t_{в.у.} = 850 \text{ }^\circ\text{C}$ – № 10-11 ГОСТ 5639-82 (Размеры зерен),
 $V_{тр} = 0,09\text{--}0,12 \text{ м/с}$, время квазиизотермической выдержки под т/изол. крышками (120 м) – 1200 с, $V_{охл} = 0,3 \text{ }^\circ\text{C/с}$.

Библиографический список:

1. Сычков А.Б., Жигарев М.А., Нестеренко А.М., Жукова С.Ю., Перегудов А.В. Высокоуглеродистая катанка для изготовления высокопрочных арматурных канатов. Бендеры: Полиграфист, 2010. 280 с.

2. Сычков А.Б., Парусов В.В., Нестеренко А.М., Жукова С.Ю., Жигарев М.А., Перчаткин А.В., Перегудов А.В., Чуйко И.Н. Структура и свойства катанки для изготовления электродов и сварочной проволоки. Бендеры: Полиграфист, 2009. 608 с.

3. Сычков А.Б., Жигарев М.А., Столяров А.Ю., Шекшеев М.А., Жукова С.Ю., Малашкин С.О. Металлургические и металловедческие аспекты производства высокоуглеродистой катанки. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2014. 257 с.

4. Бигеев В.А., Сычков А.Б., Зайцев Г.С. Усовершенствование технологии производства стали марки 80P в условиях ЭСПЦ ОАО «ММК». Теория и технология металлургического производства. Межрегиональный сб. научн. трудов под ред. В.М. Колокольцева. С. 43–48.

5. Корчунов А.Г., Бигеев В.А., Сычков А.Б., Зайцев Г.С., Ивин Ю.А., Дзюба А.Ю. Усовершенствование сквозной технологии производства бунтового проката из стали марки 80P в условиях ОАО «ММК» // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2013. № 2 (42). С. 29–35.

6. Колокольцев В.М., Чукин М.В., Бигеев В.А., Сычков А.Б., Зайцев Г.С. Сквозная технология производства бунтового проката из стали марки 80P / Перспективы развития металлургии и машиностроения с использованием завершенных фундаментальных исследований и НИОКР. Научно-практическая конференция с международным участием и элементами школы для молодых ученых (Екатеринбург, 1–4 окт. 2013 г.). Екатеринбург: ООО «УИПЦ». С. 235–239.

7. Бигеев В.А., Сычков А.Б., Зайцев Г.С. Совершенствование технологии производства высокоуглеродистой эвтектоидной стали при помощи эффективного модифицирования и микролегирования / Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Энергосбережение. Экология. Новые технологии. X Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием (Старый Оскол, 25–27 нояб. 2013 г.). Старый Оскол. С. 3–8.

8. Парусов В.В., Сычков А.Б., Деревянченко И.В., Жигарев М.А. Новое применение бора в металлургии // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2005. № 1 (9). С. 15–17.

9. Парусов В.В., Савьюк А.Н., Сычков А.Б., Нестеренко А.М., Олейник А.А., Жигарев М.А., Перчаткин А.В. Исследование возможности наиболее полного удаления окалины с поверхности катанки перед волочением // Металлург. 2004. № 6. С. 69–72.

10. Парусов В.В., Вилипп А.И., Сычков А.Б. Влияние примесных элементов на качество углеродистой стали. // Сталь. 2002. № 12. С. 53–55.

11. Парусов В.В., Сычков А.Б., Жигарев М.А., Перчаткин А.В. Формирование оптимальной микроструктуры в высокоуглеродистой катанке // Сталь. 2005. № 1. С. 82–85.

12. Парусов В.В., Жукова С.Ю., Евсюков М.Ф., Сычков А.Б., Дервянченко И.В., Сивак А.И. Кинетика фазовых превращений в катанке из непрерывно-литой электростали Св-08Г2С при непрерывном охлаждении / Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: сб. научн. тр. Днепропетровск: Друкарня Визион. 2004. Вып. 9. С. 193–199.

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В ПРЕПОДАВАНИИ ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

**Темных В.И., канд. техн. наук, проф.,
Свечникова Л.А., канд. техн. наук, доц.,
Токмин А.М., канд. техн. наук, проф.**
Сибирский федеральный университет

Непременным условием повышения эффективности деятельности высшей школы является ее техническое переоснащение, которое, в том числе, заключается в разработке, создании современного лабораторного и демонстрационного оборудования, наглядных пособий и технических средств обучения.

Традиционные методики преподавания курса «Материаловедение» и «Технологии конструкционных материалов» не в полной мере обеспечивают интенсивность проведения учебных занятий, их наглядность и доступность материала.

Внедрение в учебный процесс Электронных курсов, выполненных в системе *LMS Moodle* в Политехническом институте Сибирского федерального университета, позволило решить многие методические вопросы, возникающие при преподавании общетехнических дисциплин в традиционных рамках.

И прежде всего речь идет о доступности материалов каждой дисциплины, которая осуществляется выходом на сайт Электронных курсов университета с любого мобильного устройства. После записи преподавателем студентов групп, проходящих обучение, они имеют доступ к курсу круглосуточно. Пакет размещенных материалов дисциплины на сайте, позволяет дать исчерпывающую информацию по всем возникающим вопросам. Если же консультация преподавателя все-таки необходима, то студент может задать свой вопрос в разделе «Консультации» или в специально созданном Чате, работающих в *onlain* режиме (рис. 1).

Кроме того, современные технологии позволили разместить в электронных лекциях множество, созданных на кафедре, анимационных тренажеров, которые выполнены с применением приемов, эффективных при конспектировании. Это и использование цветов и графических изображений, иностранных слов и условных обозначений и т. д. Тренажеры по диаграммам состояния, позволяют проследить последовательность построения кривых охлаждения и формирования структуры различных сплавов, что значительно облегчает выполнение

индивидуальных заданий и, в целом, получить более глубокие знания по важным разделам дисциплины.

Курс: Материаловедение



 [Новостной форум](#)

 [Форум для вопросов](#)

Курс построен на принципе смешанного обучения, то есть на сочетании форм аудиторной и дистанционной работы. Своевременное и качественная подготовка значительно облегчит процесс освоения дисциплины. Следите за сообщениями в новостном форуме.

Общие сведения

 [Библиографический список](#)

 [Учебное пособие](#)

 [Методические указания к лабораторным работам](#)

 [Рабочая программа](#)

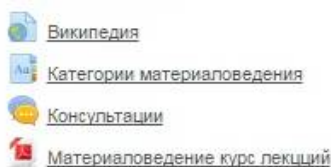
 [График учебного процесса](#)

 [Описание курса](#)

Рисунок 1 – Внешний вид титульного листа Электронного курса

Особенностью общетехнических дисциплин, преподаваемых на первом и втором курсах высших учебных заведений, является большое количество специальных терминов и определений, незнание которых сильно затрудняет восприятие теоретического материала. Инертность некоторых студентов при изучении дисциплин, зачастую делает невозможным освоение ими курса уже после первых лекций. Для повышения эффективности изучения начальных разделов, где вводится множество специфических терминов, в электронном курсе предусмотрены два элемента: википедия и глоссарий, которые помогают расшифровать непонятный термин, по ходу изучения темы. Так же в этих разделах предусмотрено выполнение индивидуальных

заданий, которые прикрепляются к курсу на электронном носителе. Задания построены с применением майндмеппинга (*main mapping*) – техники быстрого и эффективного запоминания информации и повышения персональной продуктивности, которая прочно и по праву завоевала себе место в арсенале современного делового человека. Данная техника основана на ассоциации, как минимальной единице обработки информации человеческим мозгом (в психологии ассоциация – закономерная связь между отдельными событиями, фактами, предметами или явлениями, отраженными в сознании и закрепленными в памяти). Процесс запоминания протекает намного эффективнее, если студенту удастся рационально структурировать, полученную информацию, разложить по «полочкам». Индивидуальное задание предполагает создание студентом ментальных карт с использованием терминологии т.е. представить информацию в виде, наиболее естественного для восприятия нашим мозгом, который способен оттолкнувшись от какой-то одной идеи, размножить все новые и новые ассоциации до бесконечности (рис. 3).



1. Структура и свойства материалов

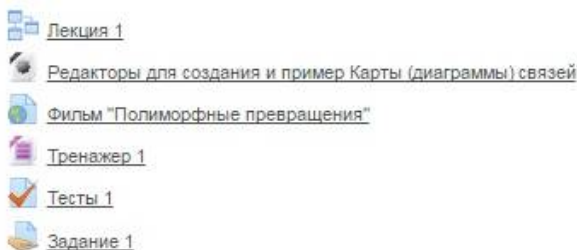


Рисунок 2 – Наполнение первого раздела Электронного курса

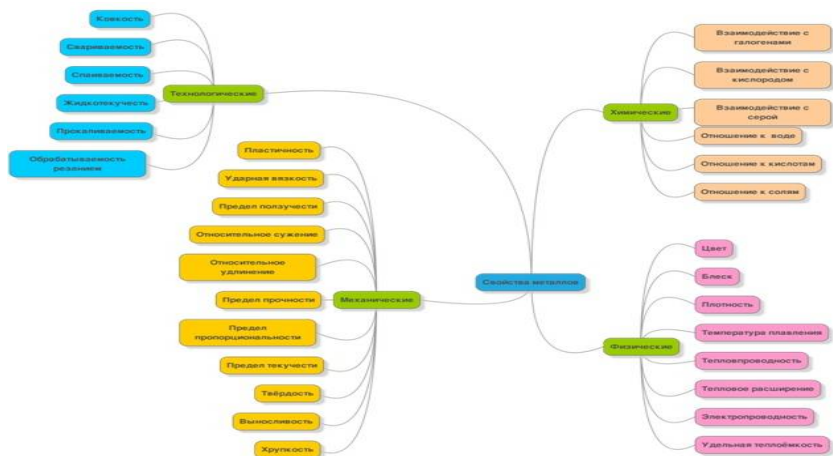


Рисунок 3 – Пример составления ментальной карты (диаграмма связей)

Полученные на кафедре результаты показывают перспективность выбранного направления повышения качества обучения, особенно при подготовке по программам бакалавриата, где значительная часть учебного материала должна осваиваться студентами самостоятельно, под контролем преподавателя.

РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ СТУДЕНТОВ ПО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ

Третьякова Н.В., канд. техн. наук, доц.
*Ивановский государственный энергетический
университет им. В.И. Ленина*

В основу современной системы образования заложен компетентностный подход. Его целью является развитие способностей и готовности личности к деятельности, основанной на знаниях и опыте, приобретенных благодаря обучению, ориентированных на самостоятельное участие личности в учебно-познавательном процессе. Разработка рейтинговых систем контроля знаний студентов является одним из направлений внедрения инновационных технологий в вузе.

В Ивановском государственном энергетическом университете действует система развития индивидуального творческого мышления (РИТМ). Организация соревнования в системе РИТМ основана на главном показателе – качестве подготовки специалистов, определяемом путем вычисления рейтинга студента в течение всего периода обучения. Рейтинг учитывает результаты обучения по всем дисциплинам.

Контроль результатов обучения по дисциплине «Материаловедение» должен осуществляться непрерывно в течение периода изучения дисциплины, он должен быть комплексным за счет разнообразия форм определения способностей студентов не только к распознаванию, воспроизведению и пониманию информации, но и к творческому применению знаний при решении профессиональных задач. Также контроль результатов обучения должен носить накопительный характер за счет суммирования результатов различных форм контроля при определении окончательной оценки студента по дисциплине.

Используются следующие виды контроля.

Текущий контроль предназначен для оценки способностей студента к приобретению знаний, к систематической и ритмичной работе. Эти способности определяются в зависимости от стабильности выполнения учебного графика, активности студента на практических занятиях, его самостоятельности при выполнении лабораторных работ и в процессе отчета по выполненным работам.

Промежуточный контроль предназначен для оценки объема и качества приобретенных знаний. Проводится дважды в течение семестра по отдельным модулям дисциплины. Форма проведения процедуры промежуточного контроля или письменная контрольная

работа, требующая интегрированных знаний по изученным модулям дисциплины, или устное собеседование по теоретическим вопросам изучаемого материала, или тестирование. Промежуточный контроль должен способствовать осмыслению учебного материала, выявлению пробелов в приобретенных знаниях в целях их последующего устранения.

Типовой промежуточный контроль может быть заменен для отдельных студентов отчетом по творческому заданию. В современной школе обучения все большую актуальность набирает не столько подача готовых знаний, сколько умение добывать их самостоятельно, следствием чего является повышение творческой активности и заинтересованности обучаемых. Правильная организация самостоятельной работы студентов – важная составляющая образовательного процесса. Подготовка сообщений, докладов, рефератов, презентаций, самостоятельный подбор литературы по заданной теме – все это способствует развитию самостоятельного мышления, умения принимать решения, формированию познавательного процесса, творческого отношения к труду.

Активность студентов в процессе изучения дисциплины стимулируется участием в студенческих конференциях, участием во внутривузовских и межвузовских конференциях.

Заключительный контроль предназначен для подведения итогов обучения. Состоит из двух частей: первая позволяет оценить объем и качество знаний по всей учебной дисциплине; вторая должна оценить способности студента применять полученные знания на практике. Заключительный контроль проводится в виде письменного экзамена или зачета, включает теоретические вопросы по курсу и практические задачи.

Входной контроль предназначен для проверки остаточных знаний студентов по ранее изученным разделам учебных дисциплин. Контроль проводится перед началом изучения дисциплины «Материаловедение» по ряду разделов физики:

– механика – силы, напряжения, деформации (при воздействии на материал различных сил в них возникают напряжения и деформации, которые оказывают влияние на свойства материалов), энергия, работа сил;

– основы молекулярной физики и термодинамики (в материаловедении рассматриваются различные процессы, происходящие в материалах – кристаллизация, фазовые превращения в твердом состоянии и т.д.; рассматриваемые материалы представляют

собой термодинамические системы, все процессы в которых подчиняются определенным закономерностям).

Контроль проводится в целях получения преподавателем сведений об уровне готовности студентов к изучению дисциплины, на основании которых можно ввести изменения в учебный процесс. Оценка входного контроля не учитывается в итоговой оценке результатов обучения.

Входной контроль по различным разделам «Материаловедения» практикуется при изучении специальных дисциплин.

Результаты обучения отражаются с помощью комплекса оценок:

$S_{ТК}$ – оценка текущего контроля;

$S_{ПК}$ – оценка промежуточного контроля;

$S_{ЭК}$ – оценка заключительного контроля;

$S_{ИНТ}$ – интегральная оценка;

$S_{О}$ – итоговая (окончательная) оценка.

Оценки промежуточного и заключительного контроля выставляются по результатам соответствующих процедур. За выполнение контрольного испытания студент получает оценку в диапазоне от 0 до 5 с точностью 0,1. Оценка текущего контроля выставляется в том же диапазоне. При проведении двух процедур контроля рассчитывается среднее значение оценки.

Итоги по трем формам контроля отражаются и интегральной оценке результатов обучения:

$$S_{ИНТ} = 10S_{ТК} + 30S_{ПК} + 60S_{ЭК} ,$$

где 10, 30, 60 – весовые коэффициенты соответствующих оценок.

Итоговая (окончательная) оценка результатов обучения по дисциплине в традиционной четырехбалльной шкале формируется из интегральной оценки по следующим условиям:

$S_{ИНТ} \leq 250$ – неудовлетворительно;

$250 < S_{ИНТ} \leq 350$ – удовлетворительно;

$350 < S_{ИНТ} \leq 435$ – хорошо;

$S_{ИНТ} > 435$ – отлично.

Интегральная оценка результатов обучения по дисциплине «Материаловедение» в дальнейшем используется при вычислении рейтинга студентов.

Использование рейтинговой системы оценки знаний студентов стимулирует их к учебе в течение семестра.

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Федорова Л.В., д-р техн. наук, проф.,

Федоров С.К., д-р техн. наук, проф.,

Иванова Ю.С., канд. техн. наук

*Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана*

Формирование новой системы научно-технического развития России должна гармонично охватывать систему школьного и профессионального технического образования, отраслевую науку и экономику. Отсутствие научно-обоснованного развития и ориентированной на производство промышленности, не позволяет динамично развиваться ни профессиональному техническому образованию, ни технической науке. В средствах массовой информации периодически указывается о повышении качества образования, положительной динамике развития предприятий и организаций в Москве, Санкт-Петербурге и регионах РФ, о постоянно развивающейся отраслевой науке. Сухие цифры, удобной власти статистики, отмечают рост промышленного производства, сельского хозяйства и других отраслей экономики РФ.

Занимаясь вопросами профессионального образования и научно-исследовательской деятельностью по подготовке технических специалистов, а также участвуя в разработке и внедрении инновационных технологий металло- и термообработки отмечаем:

1. Снижение качества подготовки абитуриентов и престижности специальностей по техническим направлениям.

2. Существенное отставание уровня подготовки технических специалистов во всех отраслях экономики РФ от требований современного производства.

3. Отсутствие долгосрочных взаимовыгодных связей между образовательными учреждениями, наукой и производством.

4. Полное отсутствие научно-обоснованного развития образования, отраслевой науки и производства по градообразующим отраслям экономики РФ в области машиностроения, станкостроения, автомобилестроения и подготовки технических специалистов в смежных областях (сельском хозяйстве, строительстве, перерабатывающих предприятиях).

Несмотря на имеющиеся трудности, нарушение связи науки с производством, снижение уровня компетенций в инжиниринге, который

был призван превращать результаты лабораторных исследований в промышленные технологии, медленно, автономно, в системах школьного и профессионального технического образования, отраслевой науке и экономике продолжается развитие. Этому способствуют финансовые поступления и инициативы из федерального центра, а также инновационные решения отдельных руководителей регионов. Эти инициативы носят точечный характер, направлены на развитие отдельных перспективных направлений или на обеспечение бесперебойной работы организаций по добыче и переработке нефти и газа и других полезных ископаемых.

У руководителей динамично развивающихся направлений экономики РФ сложилось мнение, и зачастую обоснованно, о бесперспективности применения техники и оборудования Российского производства по критериям эффективности и надежности. Стоимость машин и технологического оборудования Российского производства находится на уровне средних аналогов зарубежных компаний. Качество выполняемых работ и надежность отечественной машиностроительной продукции, существенно уступает машинам и оборудованию ведущих зарубежных компаний.

В основе конструирования, производства и эксплуатации зарубежных машин заложен принцип длительной и бесперебойной работы, с последующей регламентированной заменой изношенных деталей или узлов. Наиболее ответственные детали изготавливают из качественных, высококачественных и инструментальных сталей и сплавов, применяя инновационные технологические процессы упрочнения, закалки, отделочно-упрочняющей обработки или напыления износостойкими покрытиями. Высокая надежность техники зарубежных компаний, определила перспективность применения машин и оборудования в наиболее рентабельных отраслях экономики РФ, практически вытеснив нерентабельные Российские предприятия автомобилестроения, машиностроения и станкостроения.

Руководители зарубежных компаний, не только обеспечили Российские предприятия качественной техникой, но и выполняют поставку запасных частей и организацию сервисных баз по техническому обслуживанию и ремонту машин. На вновь поставляемую технику, запасные части, техническое обслуживание и ремонт машин производитель дает гарантию. Непосредственными исполнителями работ являются наиболее успешные выпускники технических ВУЗов России, которые регулярно проходят конкурсный отбор и стажировку в головных центрах зарубежных компаний.

Перспективными направлениями повышения надежности машин и технологического оборудования были и остаются способы закалки и упрочнения поверхностного слоя концентрированными потоками энергии. Кроме известных процессов химико-термической обработки, закалки лазером и плазмой, токами высокой частоты, контактной закалкой токами промышленной частоты, предлагается инновационный процесс электромеханической обработки, что обеспечивает конкурентное преимущество деталей машин и технологического оборудования на стадии изготовления и реновации. Вышеперечисленные способы повышения качества позволяют формировать высокие физико-механические свойства поверхностного слоя, исключают явления окисления и обезуглероживания, не приводят к короблению деталей. При внедрении каждого из вышеперечисленных способов упрочнения возникали проблемы, затягивающие процесс подготовки производства на много лет.

Предлагаемая технология электромеханической обработки (ЭМО) и ее направления: электромеханическая поверхностная закалка (ЭМПЗ), отделочно-упрочняющая электромеханическая обработка (ОУЭМО), отделочно-упрочняюще-калибрующая электромеханическая обработка (ОУКЭМО), упрочняющее электромеханическое восстановление (УЭМВ), основаны на использовании инновационного оборудования, приспособлений и инструмента для выполнения операций поверхностной закалки, отделочно-упрочняющей обработки и упрочняющего восстановления деталей концентрированным потоком электрической энергии промышленной частоты (50Гц) на металлорежущих станках или автономных стендах в составе поточных линий. ЭМО позволяет:

1. Разработать инновационное оборудование для экологически чистой и электробезопасной закалки широкой номенклатуры деталей на металлорежущих станках токами промышленной частоты.

2. Обеспечить конкурентные преимущества машин и технологического оборудования Российских производителей перед зарубежными в различных отраслях экономики.

3. Оснастить предприятия РФ оборудованием и технологиями закалки, отделочно-упрочняющей обработки и упрочняющего восстановления деталей концентрированным потоком электрической энергии.

4. Обеспечить высокую износостойкость, повысить прочность и усталостную выносливость деталей машин и технологического оборудования в реальном секторе экономики РФ.

5. Развить профессиональные и предметно-профессиональные компетенции, расширить коммуникативное пространство на основе активизации интереса к технической и интеллектуально-творческой деятельности студентов и молодых ученых.

При внедрении результатов научных исследований в производство приходится сталкиваться со следующими проблемами:

1. Отсутствие у специалистов предприятий информации об альтернативных способах, их технических возможностях, направлениях использования и конкурентных преимуществах каждого.

2. Необходимость подтверждения результатов исследований в головных центрах компаний.

3. Отсутствие материальной заинтересованности и нежелание технических специалистов брать на себя ответственность за результаты внедрения результатов проведенных исследований в новые промышленные технологии.

4. Отсутствие финансовых возможностей предприятий.

5. Нежелание руководителей компаний работать по договорам с бюджетными структурами министерства образования и науки.

РАЗВИТИЕ НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПО АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИМ ПОРОШКОВЫМ МАТЕРИАЛАМ

Хлыбов А.А., д-р техн. наук, проф.,
Сорокин В.К., д-р техн. наук, проф.,
Колосова Т.М., канд. техн. наук, доц.,
Беляев Е.С., канд. техн. наук, доц.

*Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева*

Введение

Проблемы создания материалов для обеспечения развивающейся техники относятся к числу приоритетных задач научных исследований. Одной из разновидностей технических материалов являются композиции из порошков металлов. В Нижегородском государственном университете им. Р.Е. Алексеева исследования по разработке порошковых материалов проводятся с середины XX века. В настоящем кратком обзоре рассмотрены результаты работ по созданию алмазосодержащих материалов и инструментов алмазно-абразивной обработки.

Материал для дисков распиливания природных алмазов

Проблема создания инструмента для распиливания кристаллов природных алмазов возникла в связи с разработкой их месторождений в Якутии. По заданию НИИАЛМАЗ на кафедре металловедения были начаты исследования по получению листовых материалов толщиной 0,075 мм состава $\text{Si}-(5...8)\%\text{Sn}$, аналогичного импортным дискам из Бельгии [1]. Формование пористых листов проводилось способом прокатки смеси порошков в валках. Затем выполнялось 3–4 цикла обработки «спекание – холодная прокатка листов» до получения беспористого материала заданной толщины, термическая фиксация при $250^\circ...300^\circ\text{C}$ листов, зажатых между пластинами, холодная штамповка дисков размером 75x20x0,075 мм.

Первоначально при суммарном обжати $\epsilon_{\Sigma} = 60...70\%$ получили материал с прочностью $\sigma_b = 490...530$ МПа. Диски из него разрушались при правке или распиливании алмазов. Работоспособные диски получены при $\epsilon_{\Sigma} > 80\%$ и прочности материала $\sigma_b = 560...640$ МПа. Для обеспечения распиливания при частоте вращения шпинделя станка $n = (6...10) \cdot 10^3 \text{ мин}^{-1}$ и нагрузке на диск $F = 2\text{H}$ на инструмент периодически наносилась суспензия из касторового масла и нефти с порошком алмазов зернистостью 40/28 мкм.

Оценка производительности инструментов велась по площади разреза в единицу времени и составила у опытных и серийных зарубежных дисков соответственно $S = 1,4...3,7/2,2...3,6$ мм²/час. Диски выполняли до разрушения суммарно разрезы общей площадью $S_{\Sigma} = 100/120...140$ мм² (показатель стойкости инструмента [2]).

Материалы для кругов прорезания пазов в пластинах полупроводниковых материалов

В производстве электронной техники на пластине получают группу готовых изделий, которые «разделяют» на отдельные изделия методом прорезания пазов по разделительным дорожкам с последующей ломкой. Выполнены по заданию НИИТОП разработки пластин-заготовок состава Cu-Sn-Ni с 25 об. % алмазного порошка при толщине $h = 0,035...0,045$ мм для отрезных инструментов-кругов. За основу технологии принята ранее разработанная схема, дополненная проведением упрочняющей МТО [3].

Безалмазный материал состава Cu-65%Sn-(7...13)%Ni имеет $\sigma_b = 700...780$ МПа. При введении 25 об. % алмазов АСМ10/7 получена у одной из партий следующая прочность на последних операциях ($h = 0,040$ мм):

Операция	Закалка	Холодная прокатка	Старение
σ_b , МПа	170	244	254

Прорезание пазов в пластинах кремния на глубину резания $t = 150...500$ мкм ведется одиночным кругом на прецизионных станках типа 04ПП100М и др. при частоте вращения $n = 50-10^3$ мин⁻¹ и скорости подачи инструмента $V_s = 50...70$ мм/с.

Стойкость инструмента с учетом четырех повторных восстановлений кромки составляет 1600...2100 погонных метров, радиальный износ кругов равен 0,087...0,097 мкм на один метр пути резания [4].

Материалы для кругов сквозного разрезания пластин кремния, закрепленных на носителе

Создание в электронной промышленности полностью автоматизированных производств привело к необходимости разработки нового инструмента сквозного резания. В этих технологиях пластины кремния устанавливаются на пластмассовых носителях-спутниках и закрепляются с помощью адгезионной поливинилхлоридной пленки.

Испытания ранее разработанных кругов состава Cu-6%Sn-4%Ni показали, что в новой технологии сквозного разрезания они

работоспособны при низкой скорости подачи V_s - 30...40 мм/с, т.е. малопроизводительны. На основе предварительных исследований с применением планирования экспериментов выбран более прочный дисперсионно-твердеющий никелевый материал состава Ni-(25...36)%Cu-(5...11)%Fe [5, 6]. Данные по изменению свойств алмазосодержащего материала для одного из составов приведены в таблице 1 [7].

Испытания кругов для сквозного разрезания показали, что при стабильных значениях E , σ_b , HV материала предельные величины V_s разных партий существенно различаются.

Таблица 1 – Характеристики пластины состава Ni-25%Cu-5%Fe-ACM10/7 по циклам и операциям обработки

Обработка материалов		Характеристики материалов			
1	Спекание	П, %	E , ГПа	σ_b , МПа	HV, МПа
	Холодная прокатка	31,3	5	5	–
2	Спекание (отжиг)	8,5	22	26	2300
	Холодная прокатка	9,6	19	82	1500
3	Спекание (отжиг)	3,3	56	164	2550
	Холодная прокатка	5,8	57	137	1800
4	Спекание (закалка)	3,0	78	171	2800
	Холодная прокатка	0	68	167	1800

Примечание:

Старение $t_{ст}$, °C	300	400	500
σ_b , МПа	241	215	193

При $t_{ст} > 300$ °C предел прочности пластины снижается вследствие рекристаллизации холоднодеформированного материала и роста частиц упрочняющей фазы.

Для решения проблемы стабильного резания инструмента на основе применения принципов синергетики разработан новый вид регулируемого термического упрочнения дисперсионно-твердеющих материалов, названный технологией РТУ.

По этому способу при проведении четвертого цикла обработки в операции спекания-закалки в процессе охлаждения проводится особая изотермическая обработка при $t_{рту} = (600...750)$ °C и времени выдержки $\tau_{рту} = (0,5...1,5)$ часа. При этом происходит частичное выделение из пересыщенного твердого раствора дисперсной упрочняющей фазы ($\gamma \xrightarrow{t_{рту}} \epsilon_{дисперс}$). Затем проводится холодная прокатка и окончательное старение. Из полученного материала толщиной 0,040 мм изготавливались

экспериментальные круги, которые испытывались на установке УРПУ-150 при $n = 36 \cdot 10^{-3} \text{ мин}^{-1}$ и повышающихся значениях V_s до разрушения режущей кромки при $V_{\text{сразр}}$. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние режимов РТУ на величину $V_{\text{сразр}}$ кругов состава Ni-25%Cu-5%Fe- АСМ10/7

Пластины материала		Круги отрезные		
РТУ: режим проведения		РТУ и холодная прокатка	без старения	с проведением старения
$t_{\text{РТУ}}, ^\circ\text{C}$	$\tau_{\text{РТУ}}, ^\circ\text{C}$	HV, МПа	$V_{\text{сразрушения}}, \text{Мм/с}$	
600	0,5	-	80	-
650	0,5 1,0 1,5	2500	90 62...68 56	70 55...60
700	0,5 1,0	2550 2550	90...95 90...103	80...85
750	0,5	2200	42...65	-

Пониженные величины $V_{\text{сразр}}$ кругов, предположительно, получены из материала, имеющего мезоструктуру с выделением по границам зерен частиц упрочняющей фазы ϵ пластинчатой геометрической формы.

Разработанный материал в виде пластин $h = 0,040 \text{ мм}$ состава Ni-25%Cu-5%Fe- АСМ10/7 имеет следующие механические свойства: $\sigma_b = 240...260 \text{ МПа}$, $E = 75...85 \text{ ГПа}$, $HV = 2550...2600 \text{ МПа}$. Отрезные круги при сквозном разрезании пластин кремния диаметром до 150 мм, закрепленных на адгезионном носителе, работоспособны при $n = 36 \cdot 10^{-3} \text{ мин}^{-1}$ и $V_s = 50...70 \text{ мм/с}$ (попутный режим резания). Радиальный износ инструмента составляет 0,80...0,88 мм/м, стойкость 112...124 погонных метров (без восстановления режущей кромки).

Материалы для кругов разрезания пластин из диэлектрических материалов

Такие особо твердые материалы, как сапфир, поликор и др., возможно разрезать лишь инструментами с повышенной прочностью, имеющих наполнитель из крупных алмазных шлифпорошков. В качестве связки применена легированная бронза состава Cu-6%Sn-13%Ni и алмазы АС4 63/50 мкм, АС6 63/50 мкм и др. Толщина кругов увеличена до 0,11...0,15 мм. Применяется сквозное разрезание пластин, закрепленных на стеклянных подложках глифталевым клеем [2].

Разрезание проводится на установках 041111130, УРПА-М при $n = 9000 \text{ мин}^{-1}$ и скорости подачи 0,5...0,8 мм/с. В случае разрезания пластин поликора толщиной до 1 мм кругами $h = 0,15 \text{ мм}$ с алмазами зернистостью 63/50 мкм радиальный износ составил 15...35 мкм/м и стойкость инструмента 54 погонных метра.

Материалы для шлифования особо твердых неметаллических материалов

По рассмотренным выше технологиям изготавливались пластины-заготовки $h = 0,25$ мм состава Cu-5,8%Sn-4%Ni с алмазным шлифпорошком АСМ15 63/50 мкм. Изменения свойств на трех последних операциях обработки даны в таблице 3.

Таблица 3 – Механические свойства пластин в цикле 4 по операциям обработки

№ цикла упрочнения	Операция обработки	Свойства		
		E , ГПа	σ_s , МПа	δ ,%
4	Спекание (закалка) Холодная прокатка	56,865,2	116 235	1,40,5
–	Старение	61,2	246	0,6

Из опытных пластин изготавливались круги, опробованные в одной из организаций для шлифования образцов сапфира.

Заключение

Рассмотрено развитие химических составов, технологий изготовления, изменение свойств алмазосодержащих порошковых материалов, инструментов из этих материалов преимущественно при изготовлении изделий электронной техники. На инструменты разработаны отраслевые стандарты ОСТ И 054.298-84 и ОСТ 11 31.7000-85. Проведены испытания опытных образцов инструментов в фирмах США и Швейцарии.

Разработанные материалы и инструменты применены при изготовлении различных изделий электронной техники.

Библиографический список:

1. Тихонов Г.Ф., Сорокин В.К. Получение тонколистовых материалов из порошков медь-олово // Порошковая металлургия. 1968. № 3. С. 95–97.
2. Шуваев Г.В., Сорокин В.К., Зимицкий Ю.Н. Резка неметаллических материалов алмазными кругами. М.: Машиностроение, 1989. 80 с.
3. Сорокин В.К., Шуваев Г.В., Зимицкий Ю.Н. Прогнозирование прочностных свойств алмазометаллической ленты для алмазных отрезных кругов // Электронная техника. 1984. Сер. 7. Вып. 3. С. 52–54.
4. Шуваев Г.В., Сорокин В.К., Зимицкий Ю.Н. Отрезные алмазные круги для скоростной резки полупроводниковых материалов //

Электронная техника. 1985. Сер. 7. Вып. 1.

5. Сорокин В.К., Колосова Т.М. Математическое моделирование термической обработки стареющих порошковых материалов // Первое собрание металловедов России: тезисы докладов. 1993. Ч. 1. С. 8–10.

6. Сорокин В.К., Шмелев Л.С., Елизаров А.Г. Свойства металлоалмазных тонколистовых материалов на никелевой связке // Порошковая металлургия. 1995. № 5–6.

7. Сорокин В.К., Колосова Т.М., Костромин С. Металлоалмазные композиции для отрезных кругов. LAPLAMBERTAcademicPublishing, 2013. 64 с.

8. Сорокин В.К., Шмелев Л.С. Технология изготовления и оборудование по производству порошковых и композиционных материалов и изделий: учеб. пособие. Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2011. 184 с.

РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ ПО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ

Хлыбов А.А., д-р техн. наук, проф.,
Сорокин В.К., д-р техн. наук, проф.,
Колосова Т.М., канд. техн. наук, доц.

*Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева*

Преподавание курса «Металловедение» (с 1970-х годов «Материаловедение») в Индустриальном институте г. Нижнего Новгорода начато с 1934–1935 учебного года. Он состоял из лекций и лабораторных работ. Научно-исследовательские работы студентов начали проводиться с конца 1940-х годов. В статье рассмотрены различные виды НИРС, примененных на кафедре.

Индивидуальные НИРС по материаловедению

Такие НИРС впервые начал проводить заведующий кафедрой профессор Геннадий Иванович Аксенов. В них участвовали студенты группы КПМ-45 Бобрынин Б.И., Гладышев П.И., Тихонов Б.И. Работы проводились во внеучебное время по заданным темам в области порошковой металлургии. Дипломные научные работы защищены в 1950 году.

Выпускники в дальнейшем работали в НИИ, вузе; Бобрынин Б.И. и Гладышев П.И. защитили кандидатские диссертации, Тихонов Б.И. стал главным технологом и заместителем генерального директора ГНИПИ [1].

Значительные возможности по развитию НИРС создались в связи с началом подготовки с 1949 г. инженеров по металлловедению и термообработке. Целый ряд студентов групп ТОМ выполнили дипломные НИР. Так, выпускники Петриков В.Г. и Шмаков Г.С. впоследствии стали докторами технических наук, профессорам вузов.

Принятая на кафедре форма НИРС давала положительные результаты. Недостатком являлось то, что она не обеспечивала широкого привлечения студентов НИРС.

Учебно-исследовательские работы академических групп студентов

В 1970-е годы значительное внимание в вузах уделялось развитию исследований студентов непосредственно в учебном процессе [2]. На кафедре материаловедения методики УИРС применялись в лабораторном практикуме групп ТОМ по порошковой металлургии [3]. Студента в количестве 5–7 человек выдавалась одна тема из плановых исследований, которая выполнялась в часы лабораторных занятий. По

результатам составлялся единый отчет, включающий обзор литературы по теме, данные экспериментов и их обсуждение. Такая форма УИРС позволяла привлечь к исследованиям всех студентов академической группы на период выполнения лабораторных работ по дисциплине.

Введение методик научных исследований в лабораторный практикум

Возможны различные формы таких НИРС. Отдельные работы объемом до 8–10 часов из лабораторного практикума по материаловедению могут выполняться в форме научных исследований. Так в порядке эксперимента было построено изучение термообработки дуралюмина в академических группах автомобильного факультета. Применена методика факторного планирования экспериментов.

Первоначально составляется матрица планирования экспериментов из 12 опытов. Каждому студенту задается выполнение одного из опытов по термообработке. Параметром оптимизации является твердость материала, значение которой записывается в матрицу планирования.

Далее на следующем 4-х часовом занятии с использованием полученных данных на ЭВМ «Наири-К» по заранее подготовленным АП-программам выполнялись необходимые вычисления в лаборатории ЭВМ кафедры прикладной математики под руководством преподавателя по материаловедению. Полученная математическая модель (уравнение регрессии) с учетом главных эффектов трех факторов имеет следующий вид:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3.$$

Данная модель затем использовалась для установления оптимальных режимов термической обработки материала с использованием графоаналитического анализа [4, 5]. Некоторые студенты выполняли вычисления на ЭВМ самостоятельно до их проведения в лаборатории по расписанию занятий.

Иная форма проведения исследований в плановых лабораторных работах разработана для академических групп ММ. Занятия приближены к условиям работы в ЦЗЛ предприятий. Они занимают вопросы контроля качества выпускаемой продукции, соответствия требованиям технических условий, стандартам-регламентам, в частности, на микроструктуру материалов.

Инновации заключаются в том, что группа из двух-трех студентов выполняет анализ микроструктуры материала путем сравнения с эталонами стандартов-регламентов. Так, для чугунов до травления

шлифов устанавливаются характеристики графитовых включений, а после травления микро-структура металлической основы чугуна в соответствующих баллах. Полученные результаты представляются в отчете [6].

*НИРС при подготовке бакалавров по направлению 22.03.01
«Материаловедение и технологии материалов»*

При введении Государственных образовательных стандартов для вузов и переходе на двухуровневую систему подготовки расширены права выпускающих кафедр. Они получили возможность вводить в учебные планы в установленном порядке новые дисциплины. Так, для направления 22.03.01 введено преподавание курса «НИРС по материаловедению», в котором рассматриваются организация, проведение и оформление научных работ. Создана рассмотренная ниже система подготовки выпускных научных работ бакалавров.

В начале 6 семестра всем студентам группы ММ III курса назначаются темы научных работ и преподаватели-руководители, утверждаемые заведующим кафедрой. Заданная тема выполняется в течение 1,5 лет: 6-й семестр – подготовка литературного обзора с предоставлением отчета; 7–8 семестры – выполнение экспериментальных исследований с подготовкой промежуточного отчета по итогам 7 семестра, оформление и защита выпускной работы бакалавра [7].

Использование созданной системы в течение длительного времени показало, что обеспечивается решение ряда задач учебного процесса:

- все студенты направления 22.03.01 участвуют в НИРС;
- осуществляется конкретное индивидуальное руководство преподавателем-руководителем в течение 1,5 лет;
- студенты получают возможность подробно изучить тему НИРС, освоить методику экспериментальных исследований, обобщения полученных результатов и оформления научных отчетов;
- проводится многократный контроль выполнения НИРС преподавателем-руководителем, лектором по дисциплине «НИРС по материаловедению», заведующим кафедрой;
- система создает условия для гарантированного представления качественных выпускных научных работ бакалавров в установленный учебным планом срок.

В результате применения рассмотренной системы выпускники ММ направления 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» в определенной мере адаптируются к решению задач модернизации промышленности, работе в условиях применения современной

техники и передовых технологий.

Библиографический список:

1. Бобрынин Б.Н. Начало исследований по порошковой металлургии в Горьковском индустриальном институте / Материаловедение и металлургия: труды НГТУ // Нижегородский гос. техн. ун-т. Нижний Новгород, 2006. Т. 57. С. 137–139.

2. Елютин, В.П. Задачи высшей школы на современном этапе коммунистического строительства. Доклад на Всесоюзном слете студентов // Газета «Ленинская смена», 20 октября 1971 г.

3. Николаев А.Н., Сорокин В.К. Введение элементов научного исследования при выполнении лабораторных работ // Методический сборник. Труды ГПИ им. А.А. Жданова. Горький, 1975. Т. 31. № 7. С. 24–26.

4. НИРС на новой основе (обзор статей) // Вестник высшей школы. 1981. № 6. С. 41–47.

5. Сорокин В.К., Рукавишникова А.П. Применение ЭВМ в учебном процессе по материаловедению // Использование вычислительной техники и технических средств в преподавании материаловедения и технологии конструкционных материалов в вузе: сб. науч. тр. / Гос. Комитет СССР по проф.-техн. образованию; Свердловский инж.-пед. ин-т. Свердловск, 1987. С. 33–35.

6. Сорокин В.К. По государственным стандартам // Газета «Политехник». 2009. № 5 (87). С. 9.

7. Хлыбов А.А., Сорокин В.К., Костромин С.В. Система учебно-методической подготовки по материаловедению в НГТУ им. Р.Е. Алексева / Сб. трудов Всероссийского совещания заведующих кафедрами материаловедения и технологии конструкционных материалов // НГТУ им. Р.Е. Алексева. Н.Новгород, 2014. С. 184–188.

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Чикилева Е.Н., аспирант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г.Шухова*

В современных условиях перехода на производственные технологии нового поколения, явление интенсивного устаревания профессиональных знаний прежде всего возникает в наиболее технологичных отраслях производства, поэтому значительная часть предприятий производственной сферы испытывает острый недостаток инженерных кадров, способных реализовывать инновационные решения в условиях конкретного производства. В подобной ситуации чрезвычайно актуально в кратчайшие сроки восполнить этот кадровый дефицит. Опыт показывает, что дополнительное профессиональное образование позволяет оперативно и эффективно подготовить персонал к выполнению новых или существенно обновленных трудовых функций.

Значительная часть инновационных производственных предприятий зачастую разрабатывает или использует уникальные в своей области технологии, обслуживание которых требует профессиональных компетенций, не формируемых действующими образовательными программами. В подобной ситуации появляется потребность в повышении квалификации и профессиональной переподготовке кадров путем разработки и реализации образовательных программ дополнительного профессионального образования (далее – ДПО), конечным образовательным результатом которых является освоение специалистом дополнительных профессиональных компетенций, позволяющих ему выполнять трудовые функции в рамках нового или существенно обновленного вида профессиональной деятельности.

Крайне актуальным на данный момент является формирование профессиональных образовательных программ для подготовки инженеров, технологов и управленцев по прямому заказу производственных предприятий с целью кадрового обеспечения достаточно молодой, но стремительно развивающейся отрасли – нанодустрии. К настоящему моменту, с целью обеспечения предприятий нанодустрии высококвалифицированными специалистами, по прямому заказу компаний при содействии Фонда

инфраструктурных и образовательных программ Роснано было реализовано более 80 программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки, которые представлены на сайте инновационной системы Sartbase в электронном реестре образовательных программ.

С целью оперативного решения вопросов кадрового обеспечения инновационных предприятий Белгородской области и страны в целом на базе Инновационного научно-образовательного и опытно-промышленного центра БГТУ им. В.Г. Шухова был создан Научно-инновационный образовательный центр (НИОЦ), основной функцией которого является разработка и реализация образовательных программ ДПО для специализированной подготовки специалистов производственной сферы в области нанотехнологий. К настоящему времени коллективом НИОЦ при поддержке Фонда инфраструктурных и образовательных программ Роснано были разработаны и успешно апробированы следующие программы профессиональной переподготовки: «Производство бесцементных минеральных наноструктурированных вяжущих негидратационного твердения и композиционных материалов строительного назначения на их основе» (2010 г.); «Разработка наноструктурированных водных эмульсий полимеров» (2013–2014 гг.); «Производство самоуплотняющегося бетона на основе композиционных вяжущих с использованием наноструктурирующих компонентов» (2014–2015 гг.); краткосрочные курсы повышения квалификации для продвижения технологий производства энергоэффективных наноструктурированных композиционных материалов (2011 г.): «Светодиоды и светотехника», «Энергоэффективное стекло», «Солнечные модули», «Композиты на основе углеволокна»; программа повышения квалификации «Основы нанотехнологий в строительстве» (обучение в режиме E-learning, 2012 г.) [1].

Основной причиной возникновения необходимости в повышении квалификации или переобучении сотрудников компаний является технико-технологическое или организационно-управленческое обновление производства, которое осуществляется или планируется на предприятии. Такие изменения приводят к несоответствию имеющихся профессиональных компетенций персонала инновационным задачам производства. На производственных предприятиях к сфере инновационной деятельности можно отнести следующие виды работ: организация производства новой продукции, внедрение новых технологий производства и модернизация существующих, создание

условий для инновационного развития предприятия и т.д.

Качество и эффективность образовательных программ ДПО напрямую зависит от того, насколько точно идентифицированы квалификационные дефициты рынка труда, поэтому потребность в компетенциях и квалификациях работников в целях формирования запроса предприятий на повышение квалификации и переподготовку персонала, необходимо изучать совместно с работодателем с учетом особенностей конкретного производства. Однако, по мнению экспертов, квалификационные потребности не всегда осознаются руководителями и работниками предприятий. Поэтому в целях формирования квалификационного запроса предприятия специалисты образовательных организаций должны максимально содействовать выявлению и осознанию потребности в квалификациях и компетенциях. Чтобы понять, чему обучать, нужно, в первую очередь, найти проблему, препятствующую достижению предприятием необходимого производственного результата.

Выполняя анализ потребности в повышении квалификации или переобучении сотрудников очень важно понимать, каких фактических результатов в деятельности предприятия необходимо достигнуть посредством обучения по программе ДПО. Получение этих результатов должно обеспечить выполнение действующим персоналом трудовых функций, требуемых реальным производством.

Таким образом, основной целью программ ДПО является достижение квалификационных характеристик сотрудников предприятия его реальным стратегическим и тактическим задачам.

Рассмотрим механизм выявления квалификационных запросов рынка труда на примере производственного предприятия Белгородской области. Необходимость в профессиональной переподготовке персонала данного предприятия возникла в связи запуском нового оборудования и внедрением в производство технологии по изготовлению инновационной продукции. В этом случае целевыми группами выступили категории сотрудников, которые должны обслуживать новое оборудование и участвовать в новых технологических «цепочках».

Исследование квалификационных запросов предприятия проходило в несколько этапов: разработка программы социологического исследования, сбор информации, обработка полученных данных; анализ и интерпретация данных.

На первом этапе исследования были проведены следующие мероприятия: определены основные тенденции развития региональной экономики и проведен анализ уровня и динамики востребованности

конкретных профессий на рынке труда; сформулированы цели исследования квалификационных потребностей предприятия с учетом его стратегической, маркетинговой и кадровой политики; сформулированы задачи исследования, определяющие необходимую последовательность действий и способы решения поставленной проблемы; определены целевые группы для обучения; разработан рабочий инструментарий и составлен план исследования. Таким образом, результатом первого этапа явилась согласованная программа исследования квалификационных потребностей предприятия.

На втором этапе исследования был выполнен предварительный анализ квалификационных потребностей предприятия. Данный этап был организован посредством аналитических методов анализа доступных документальных источников информации о квалификациях и компетенциях, к которым относятся: национальные (общероссийские) классификаторы социально-экономической информации; Национальная рамка квалификаций РФ; профессиональные стандарты и квалификационные характеристики; отраслевые и корпоративные инструкции, регламенты; документация предприятия.

Основная задача третьего этапа заключалась в уточнении трудовых функций, выполняемых сотрудниками, занятыми конкретным видом профессиональной деятельности. Исследования на данном этапе проводились с привлечением представителей производственного предприятия, а в качестве исследовательского инструментария применялись социологические (опросные) методы: анкетирование и интервьюирование.

Обработка и интерпретация проведенного анкетирования позволили оценить текущий уровень квалификации персонала и установить квалификационные дефициты предприятия посредством построения специальной матрицы квалификационных дефицитов (табл. 1), которая представляет собой таблицу сопоставления значимости требуемой трудовой функции на данном рабочем месте с уровнем ее владения.

Сектор А – самые актуальные и приоритетные трудовые функции с точки зрения необходимости освоения в результате обучения по программе ДПО.

Сектор Б – достаточно актуальные трудовые функции, однако, их приоритетность ниже.

Сектор В – формирование компетенций по этим трудовым функциям имеет низкую актуальность.

Сектор Г – менее значимые трудовые функции, осваивать которые в рамках образовательной программы профессиональной переподготовки является нецелесообразным.

Таблица 1 – Матрица квалификационных дефицитов

		Уровень владения трудовой функцией (самооценка, баллы):		
		низкий (0–2)	средний (2–3,5)	высокий (3,5–5)
Значимость трудовой функции:	высокая (3,5–5)	А	Б	Г
	средняя (2–3,5)	Б	В	Г
	низкая (0–2)	Г	Г	Г

Одновременно данный метод использовался и для ранжирования трудовых функций. Ранжирование трудовых функций в составе вида профессиональной деятельности осуществлялось на основании степени значимости трудовой функции для данного вида деятельности. Под «значимостью» в данном случае понимались показатели частоты использования сотрудником этой функции на рабочем месте в повседневной профессиональной деятельности и сложности функции. Чем чаще приходится реализовывать трудовую функцию в процессе профессиональной деятельности, и чем она сложнее для сотрудника, тем более значимой она является. Решение о том, какие именно квалификационные дефициты необходимо включить в программу, было принято совместно с работодателем, так как образовательная программа разрабатывалась по прямому заказу производственного предприятия.

На завершающем этапе проведения работ по исследованию квалификационных потребностей производственного предприятия была проведена процедура конвертирования требований работодателя в перечень профессиональных и общих компетенций как образовательных результатов разрабатываемой программы.

Таким образом, в результате проведенного анализа трудовых функций и исследования квалификационных дефицитов предприятия была выявлена потребность в профессиональной переподготовке персонала с целью формирования у сотрудников дополнительных

профессиональных компетенций, необходимых для выполнения трудовых функций нового вида профессиональной деятельности.

В современных условиях обострения конкурентной борьбы вопрос развития профессионального потенциала кадров является крайне актуальным для любого предприятия. С проблемой дефицита квалифицированных кадров в настоящее время в той или иной степени сталкивается значительное большинство производственных компаний. По мнению экспертов, это является одним из серьезных факторов, сдерживающих модернизацию предприятия на основе внедрения новой техники и технологий, освоения новых видов продукции и услуг. Именно поэтому наиболее предусмотрительные работодатели вкладывают немалые средства в повышение квалификации и профессиональную переподготовку своих кадров. Однако, прежде чем отправить сотрудника на обучение и спрогнозировать перспективу его профессионального развития, очень важно установить соответствие имеющихся у работника профессиональных компетенций требуемым для реализации текущих и перспективных задач компании. Исследование квалификационных потребностей основано на принципах компенсации профессионального дефицита предприятия посредством дополнения квалификации специалиста необходимым минимумом дополнительных профессиональных компетенций, позволяющих ему выполнять свои трудовые функции в рамках нового вида профессиональной деятельности. Освоение этих компетенций обеспечивается образовательными программами дополнительного профессионального образования.

Таким образом, квалификационные потребности предприятия на кадровое обеспечение его инновационной деятельности формируются посредством установления:

- 1) статуса образовательной программы (программ) ДПО, необходимой для создания кадрового обеспечения вводимых в компании инноваций;
- 2) целевой группы (групп) персонала, нуждающейся в повышении квалификации или профессиональной переподготовке;
- 3) перечня профессиональных компетенций как образовательных результатов программы (программ) для каждой целевой группы персонала.

Основной вывод, который можно сделать, заключается в том, что, с одной стороны, система дополнительного профессионального образования обязана оперативно реагировать на изменение потребностей производства в квалификациях персонала, а с другой –

предоставить работникам возможность постоянного профессионального развития и обучения в соответствии с их интересами.

Библиографический список:

1. Строкова В.В., Нелюбова В.В., Данакин Н.С., Васнева В.А. Опыт реализации концепции непрерывной подготовки специалистов «Школа – Вуз – Предприятие» в области наносистем в строительном материаловедении // Строительные материалы. 2014. № 6. С. 25–30.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТКМ»

**Шарая О.А., канд. техн. наук, доц.,
Пастухов А.Г., д-р техн. наук, проф.,
Минасян А.Г., канд. техн. наук, доц.**
*Белгородский государственный аграрный
университет им. В.Я. Горина*

В настоящее время идет процесс становления новой системы образования, ориентированный на вхождение в мировое образовательное пространство. Этот процесс сопровождается существенными изменениями в педагогической теории и практике. Происходит смена образовательной парадигмы: предлагаются иное содержание, иные подходы, иные отношения.

Исследования, проводимые в последние годы кадровыми агентствами, средствами массовой информации выявили некоторые недостатки при подготовке специалистов. Основная проблема молодых специалистов, по мнению работодателей и кадровых агентств, заключается в недостатке опыта работы и связанной с этим нехваткой практических знаний. Многие образовательные программы вузов на сегодняшний день основательно устарели и не имеют отношения к потребностям рынка. Довольно высокий уровень общеобразовательной подготовки выпускников не находит приложения к реальной деятельности компаний и в большинстве случаев оказывается бесполезным. Среди других недостатков – слабое представление о корпоративной культуре и отсутствие навыков работы в коллективе; незнание бизнес-процессов и особенностей национальной бизнес-среды в целом; отсутствие навыков делового общения, ведения переговоров, недостаток коммуникативных, презентационных способностей; недостаточный уровень языковой подготовки.

Внедрение в учебный процесс активных методов обучения позволит, на наш взгляд, преодолеть некоторые из перечисленных недостатков.

В работе рассмотрены основные виды интерактивного обучения и их применение при изучении дисциплины «Материаловедение и ТКМ».

Как правило, процессы обучения строятся по принципу репродукции, передачи знаний от преподавателя к обучаемому. Характерной формой репродуктивного обучения является лекция. Более

эффективным является продуктивный процесс обучения, когда знания, информация добываются, продуцируются самими студентами [1].

Принцип «продуцирования знаний» реализуется через систему активных форм обучения, к которым относятся, например, анализ конкретных ситуаций, ролевые и особенно деловые игры. Главное различие форм активного обучения заключается в роли педагога-организатора учебного процесса.

При использовании **метода анализа конкретных ситуаций** преподаватель сам выбирает обсуждаемую из имеющихся описаний либо из своего опыта, раздает информацию о ней или полное ее описание, ставит контрольные вопросы, проводит коллективное обсуждение ситуации и дает оценку участникам ее анализа и результатам анализа. Процесс анализа ситуации основан на том, что каждый из обсуждающих воспринимает ее по-своему. Корректировка этого восприятия педагогом-ведущим и есть процесс обучения.

Данный метод учит участников отделять главное от второстепенного, формулировать проблемы, моделировать особо сложные ситуации; формирует умение слушать и слышать, взаимодействовать с коллегами, а также показывает многозначность возможных решений [2].

Ролевая игра – это активный метод обучения, в котором студенты вживаются в роль другого человека. Главное для участников – вжиться в роль, свободно ее сыграть в соответствии с некоторым сценарием, который определяет порядок действий.

В игре обычно даются ситуации с открытым концом, где студенты должны принять решение. Разрешить конфликт или завершить предложенную ситуацию. Ролевая игра нацелена на развитие умений сочувствовать и понимать другого человека, фактически формирует модели поведения студентов, развивает способность к принятию решений, отстаиванию своей точки зрения.

В ролевых играх педагог назначает на роли (хозяйственные посты) обучаемых и разрабатывает сценарий игры, который может корректироваться по ходу как самими участниками, так и ведущим.

В разыгрывании ролей содержится уже определенный элемент самонастройки учебного процесса: ситуации, в которых окажется тот или иной игрок-исполнитель какой-либо роли, нельзя предсказать полностью; решения, которые принимаются исполнителями, связываются не только со сценарием, правилами – должностными инструкциями или с действиями других исполнителей, но и с решениями, принятыми данными исполнителями ранее. Таким образом,

практически без вмешательства преподавателя происходит самообучение участников через взаимную корректировку поведения. Следует отметить, что в ролевых играх для исполнителей не разработан алгоритм переработки игровой информации. Итоги игры по-прежнему подводит преподаватель [3].

При проведении **деловых игр** картина меняется. Преподаватель играет активную роль до игры, информируя ее участников о целях и правилах игрового поведения, о возможных игровых стратегиях. При этом связь «решение – результат» жестко задана игровыми алгоритмами, причем результат количественно оценивается. В игре существует полностью отлаженный алгоритм поступления информации и принятия решений. Свобода выбора поведения игроками четко регламентирована. Любое применяемое в рамках доступной свободы выбора решение основано в игре на собственных предшествующих решениях игрока и коррективах, формируемых под влиянием действий других игроков и промежуточных результатов игры. Траектория движения показателей моделируемой системы целиком находится в рамках игровой группы. Таким образом, в деловых играх преобладает самообеспечение с автооценкой результатов. Преподаватель в конце игры проводит ее анализ с ответом на вопрос: «почему получились данные результаты?».

Учебные деловые игры отличаются от хозяйственных деловых игр, встраивающихся в реальные процедуры управления и планирования, прежде всего составом игроков. Это не реально действующие в экономике лица, а обучаемые. Кроме того, игровая информация в учебных деловых играх может обладать минимальным правдоподобием, тогда как в хозяйственных играх достоверность и значимость игровых результатов во многом зависит от реалистичности данных и их пропорций в информационном массиве. В учебной игре исходную информацию, игровой информационный массив могут менять и игроки, и преподаватели, если эта возможность заложена в правила игры. В хозяйственных деловых играх изменение исходных характеристик может означать начало нового игрового эксперимента.

Итогом учебного игрового эксперимента являются новые задачи преподавателя по организации дальнейшего процесса обучения как с помощью продуктивных, так и репродуктивных методов обучения. В хозяйственных играх их итогами являются задачи для самих игроков, например, начать работать по-новому реализовать разыгранный план, перераспределить обязанности в действующей структуре и освоиться с ними уже в реальной, а не в игровой практике.

Особенностью учебных деловых игр является то, что они встраиваются в учебные курсы, их успех существенно зависит от степени их связи с разделами курса, от связи всех частей и форм цельного процесса обучения дисциплине. При этом следует отметить, что игры требуют больших усилий не только от педагогов, которые их проводят, но главное – от конструкторов-разработчиков. Арсенал игр должен все время пополняться, обновляться. Разработчики должны учитывать потребности современной практики, и наиболее трудноразрешимые практические задачи постараться вынести на поле игровой имитации.

Но для чего же все-таки играть? Пытаясь проследить связи игровых ситуаций с ситуациями реальной жизни, мы убеждаемся, что главным игровым мотивом все же является познание действительности с помощью игровой модели. Прежде всего – это специфический игровой интерес, являющийся столь же реальной категорией, как профессиональный интерес, познавательный интерес и др. Интересы к различным играм часто сравнивают: одна игра интереснее другой. Хотя природа игрового интереса изучена мало, некоторые факторы, способствующие его возникновению, можно перечислить:

- удовольствие от контактов с партнерами по игре;
- удовольствие от демонстрации своих возможностей как игрока партнерам;
- азарт ожидания непредвиденных игровых ситуаций и последовательных их разрешений в ходе игры;
- необходимость принимать решения в сложных и часто неопределенных условиях;
- довольно быстрое, прямо в ходе игры, выяснение последствий принятых решений, которые зависят не только от решений игрока, но и от непредсказуемых действий его партнеров;
- удовлетворение от успеха – промежуточного или окончательного;
- если игра ролевая, то удовольствие от процесса перевоплощения в роль.

Главное достоинство учебных деловых игр в том, что в отличие от репродуктивных форм обучения игроки примеряют ситуацию, пусть и игровую, на себя, вовлекаются в игровой эксперимент, делают то или приблизительно то, что им предстоит делать впоследствии – принимать производственные решения, но пока на игровом поле. Чем острее и азартнее игра, тем вся игровая информация воспринимается и

запоминается сразу и надолго, как созданная, «спродуцированная» самими игроками.

В основу **метода группового проектирования** положена самостоятельная целенаправленная исследовательская деятельность студентов. Несмотря на то, что исследование носит учебный характер, при его организации используются общепринятые в науке методы познания. К общенаучным методам относятся аналогия, наблюдение и опыт, анализ и синтез, индукция и дедукция, абстрагирование, конкретизация. Применяя эти методы познания при организации учебного исследования можно раскрывать содержание образования в рамках одного занятия [4].

Занятие, реализованное методом проектов, может быть как занятием освоения нового материала, так и занятием закрепления и отработки навыка решения учебных задач. Выбор метода научного познания, который будет использован в учебном исследовании, зависит от конкретного содержания занятия.

Основной формой работы на занятии является групповая работа. Если каждая группа решает одну и ту же задачу (ведет исследование одного и того же объекта), то целесообразно формирование разноразрядных групп.

В ходе проектного занятия используют все этапы, характерные для реализации исследовательского проекта:

1. В процессе беседы или дискуссии формулируется проблемный вопрос, актуализируются необходимые для дальнейшего исследования знания, ставятся цели и задачи работы.

2. Посредством мозгового штурма выдвигается гипотеза исследования.

3. Выбирается метод исследования. Этот выбор может быть осуществлен в ходе фронтальной беседы, самостоятельного обсуждения проблемы и гипотезы в группе или же сформулирован преподавателем.

4. Студенты, работая в группе, ведут поиск решения выдвинутой проблемы, применяя выбранный на третьем этапе занятия метод. Затем анализируют полученный результат и делают выводы о своей работе.

5. Полученные в ходе своих исследований результаты каждая группа оформляет в виде конспекта, плана, алгоритма и т.д. Вид отчета оговаривается до начала выполнения работы.

6. Каждая группа представляет результаты своей работы в виде устного сообщения.

7. Подводятся итоги работы, и дается оценка деятельности каждой группы.

На всю работу может быть отведено от 15 минут занятия до двух академических часов в зависимости от объема рассматриваемого вопроса.

В отличие от проектов, требующих больших временных рамок, проектное занятие может иметь место при изучении свойств объектов, определении взаимосвязи между объектами, установлении причинно-следственных связей между событиями и явлениями, отработке навыков решения различных задач.

Существенным в проектном методе является применение для исследования методов научного познания.

После изучения раздела «Теория термической обработки» дисциплины «Материаловедение и ТКМ» проводится практическое занятие в форме игры [5]. Каждый студент получает карточку с цифрами, указывающими процентное содержание углерода. Например: 0,1%; 0,2%; 0,7%; 4,8%. Далее студентам предлагается зарисовать на память диаграмму состояния «железо - карбид железа», нанести на нее сплав, соответствующий содержанию углерода и построить кривую охлаждения этого сплава с применением правила фаз. Описать все происходящие с данным сплавом превращения. Затем студенты самостоятельно делятся на команды: доэвтектоидные стали, заэвтектоидные стали, доэвтектические чугуны, заэвтектические чугуны. В каждой команде назначается эксперт, в задачи которого входит проверить задание, выполненное студентами и оценить его. Оценку экспертам выставляет преподаватель. В это время оставшиеся члены команды получают задание описать и проиллюстрировать превращения:

- в доэвтектоидной стали при нагреве;
- в заэвтектоидной стали при нагреве;
- в доэвтектоидной стали при медленном охлаждении;
- в заэвтектоидной стали при медленном охлаждении.

Каждой команде выдается формат А1, маркеры и 30 минут времени, после чего заслушиваются ответы. На самостоятельную работу выдается индивидуальное задание каждому студенту по диаграмме состояния «железо-карбид железа».

После изучения раздела «Технология термической обработки» на практическом занятии идет закрепление материала путем решения и разбора задач. Практическое занятие проводится в форме ролевой игры. Студенты делятся на две команды. В каждой из команд назначается технолог, начальник термического участка, мастер и термисты. Преподаватель выдает сменное задание на термическую обработку

деталей. При этом необходимо распределить и выполнить задание по термической обработке предложенных деталей. После выполнения задания проводится оперативное совещание, на котором заслушиваются отчеты начальников термических участков.

После изучения раздела «Контроль качества изделий после термической обработки. Виды брака» проводится практическое занятие в форме игры. Студенты получают фотографию дефектной микроструктуры, разрезанную произвольно на две части. Их задача найти вторую половину фотографии и образовать мини-команды из двух человек. Каждая команда должна определить вид дефектной структуры и предложить путь ее исправления. При этом подробно описать процессы, происходящие с металлом при исправлении данного дефекта.

Заключительные практические занятия проводятся в форме «круглых столов». Вся группа выступает в роли экспертов, к которым обратились различные организации, с просьбой установить причину поломки детали, соответствия сертификатам качества, ответить на рекламации.

После проведения подобных занятий каждый студент будет иметь опыт решения небольших задач, с которыми ему придется столкнуться в своей производственной деятельности. Шаблоны решения этих задач должны помочь ему справиться со штатной производственной ситуацией.

Использование таких активных форм обучения наряду с традиционными репродуктивными значительно повышает эффективность образовательного процесса.

Библиографический список:

1. Скаун В.А. Методика преподавания специальных и общетехнических предметов. М.: Академия, 2006. 128 с.
2. Айсмонтас Б.Б. Теория обучения: Схемы и тесты. М.: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2002. 176 с.
3. Слободина Н.Д. Деловые игры. СПб.: ИВЭСЭП, Знание, 2006. 72 с.
4. Мынбаева А.К., Садвакасова З.М. Инновационные методы обучения, или Как интересно преподавать: учеб. пособие. Алматы, 2008. 284 с.
5. Шарая О.А., Дахно Л.А. Теория и технология термической обработки в ситуационных, экспертных играх и задачах: учеб. пособие. Караганда: КарГТУ, 2008. 79 с.

Научное издание

Всероссийское совещание
заведующих кафедрами материаловедения и технологии материалов

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ПОДХОДЫ
В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ И ТЕХНОЛОГИИ.
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

Сборник трудов

Ответственный за выпуск

В.В. Строкова

Компьютерная верстка

Д.О. Бондаренко