

100 ЛЕТ



ХРАНИМ ТРАДИЦИИ, ЖИВЕМ НАСТОЯЩИМ, СОЗДАЕМ БУДУЩЕЕ

## РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ КАФЕДРЫ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ»



Заведующий кафедрой  
Валерий Михайлович  
Константинов,  
д-р техн. наук, профессор

С момента своего создания в 1953 году кафедра «Металловедение» (1953–1963), «Металловедение и термическая обработка металлов» (1963–1990), «Материаловедение в машиностроении» (1990 г. по н.в.) наряду с подготовкой инженерных и научно-педагогических кадров активно занималась проблемами повышения долговечности разнообразных металлических изделий. В различные исторические периоды развития отечественной промышленности кафедра решала различные, актуальные на тот период научно-технические и учебно-методические проблемы [1].

В период становления белорусского машиностроения (заведующие кафедрой проф. Н.Ф. Маргорин, проф. Л.С. Ляхович), кафедра много внимания уделяла вопросам подготовки остродефицитных инженерных кадров и актуальным проблемам термической и химико-термической обработки различных сталей для молодых белорусских предприятий. В этот период была открыта новая специальность «Металловедение, оборудование и технология термической обработки» и кафедра получила новое название «Металловедение и термическая обработка металлов» (1963 г.). Проф. Л.С. Ляхович развернул активную научно-педагогическую работу по организации научной школы металловедов. Много внимания уделялось металловедению специальных сталей, перспективным направлениям поверхностного упрочнения [2–4 и др.].

К началу 70-х годов XX века кафедра стала авторитетным научно-педагогическим центром металловедения и термической обработки в Советском Союзе. Детально были изучены некоторые процессы промежуточного превращения в сталях (В.В. Сурков), хладноломкость ряда конструкционных сталей (И.А. Рищев), уточнены закономерности структурообразования ряда железоуглеродистых сплавов (Р.Н. Худокормова), а также другие актуальные на тот момент проблемы металловедения.

Активное развитие машиностроительного комплекса страны настоятельно требовало эффективных упрочняющих технологий. Поэтому ведущее место в научно-технических работах кафедры на долгие годы заняли процессы химико-термической обработки. Исследования, проводимые преподавателями, аспирантами кафедры, научными сотрудниками научно-исследовательских лабораторий при кафедре координировались Л.С. Ляховичем и Л.Г. Ворошниним. Под их научным руководством были разработаны различные технологические процессы ХТО. Были разработаны процессы борирования, силицирования, хромирования и др., а также процессы многокомпонентного насыщения. Полученные научно-технические результаты позволили разработать широкую гамму процессов ХТО для повышения износостойкости, жаростойкости, коррозионной стойкости конструкционных и инструментальных сталей, жаропрочных сталей и сплавов, тугоплавких металлов, металлокерамических сплавов (Э.П. Пучков, Г.Г. Панич, Э.Д. Щербаков, Ф.В. Долманов, Г.Ф. Протасевич, Г.В. Борисенок, Ю.В. Туров, М.Г. Крукович, Б.С. Кухарев, Н.Г. Девойно, Е.А. Куликовский, Н.И. Иваницкий, Г.М. Левченко, В.Г. Борисов, М.Н. Мартынюк, Н.Г. Кухарева и др.). Пришедшие несколько позже на кафедру проф. В.М. Ситкевич, Ю.В. Соколов, доц. В.А. Стефанович, В.В. Мельниченко привнесли ряд новых направлений и усилили кадровый состав кафедры. Особое место в работах кафедры занимали процессы получения борсодержащих термодиффузионных слоев. Уже в первых работах этого направления сформировался фирменный стиль научной школы кафедры – глубокий физико-химический анализ процессов структурообразования и эффективная практическая реализация термодиффузионного упрочнения широкого спектра металлоизделий [4].

Личный листок  
по учёту кадров

Фамилия Ляхович  
Имя Лев  
Отчество Витальевич

Дата, место и м-л рождения 15.05.1919г.  
Место рождения г.р. Терис  
(указ. деревня, город, район, область)

Национальность русский в Сою. приходе Слуцкий

Партийность чл. КВСС партбилет № 1947 (дата вступления) партийный билет № 01076096 (дата вступления)

Состоит ли членом ВЛКСМ, с какого времени и № билета с 1939 по 1946 год

Профессия бухгалтер

Наименование учебного заведения и его специализация	Формально или фактически	Год поступления	Год окончания	Средний балл	Средний балл по специальности
<u>Витебский Институт</u>	<u>Финансы</u>	<u>1939</u>	<u>1944</u>	<u>4,0</u>	<u>4,0</u>
<u>Минский институт</u>	<u>бухгалтерия</u>	<u>1946</u>	<u>1948</u>	<u>4,0</u>	<u>4,0</u>

Фрагмент личного листка по учёту кадров Л. С. Ляховича.  
13 мая 1959 г.

Выписка из приказа  
по Белорусскому политехническому институту

иск. № 608 № 21 марта 1966 г.

§ I.

Ст. преподавателя кафедры "Металловедение"  
ВОРОШНИНУ Леониду Григорьевичу, в связи с присуждением  
ученой степени кандидата технических наук, установить  
оклад 250 руб. в месяц, с 22 января с.г.

Основание: Копия диплома кандидата наук МТН  
№ 019465, выданного ВАКом 22.I.66 г.

Ректор института - П. ЯШЕРИЦЫН.  
выписка верна Слеза

Фрагмент личного дела Л. Г. Ворошниина  
21 марта 1966 г.

Значительный вклад в развитие белорусской научной школы ХТО внес проф. Л. Г. Ворошнин [5]. Под его руководством в 1990 году кафедра начала подготовку инженеров по перспективной специальности «Материаловедение в машиностроении» и получила новое название «Материаловедение в машиностроении». В свое время кандидатская диссертация Л. Г. Ворошниина, посвященная электролизному борированию стали, положила начало большому циклу работ по созданию защитных диффузионных покрытий на металлах и сплавах широкого функционального назначения (износостойких, жаростойких, коррозионностойких, кавитационностойких), которые принесли известность кафедре не только в Советском Союзе, но и за рубежом. Был издан первый производственный справочник по борированию различных сталей и чугунов [6]. Выполнен пионерный цикл работ по теории и технологии химико-термической обработки металлов и сплавов. Разработана детальная методология исследования процессов химико-термической обработки. Разработано более 100 новых диффузионных покрытий как многоцелевого, так и специального назначения. Необходимо отметить активное исследование металлотермических насыщающих сред и разработку промышленных технологий ХТО на их основе (в том числе и внепечным методом). Широко известен справочник «Химико-термическая обработка металлов и сплавов» (изданный в 1981 году коллективом кафедры под редакцией Л. С. Ляховича, а в 1985 году переизданный в Токио на японском языке) [7]. Авторским коллективом разработан ГОСТ 28428-90 «Термодиффузионное упрочнение металлических изделий» (1990 г.). Следует подчеркнуть развитие в этот период новейших на то время направлений ХТО: многокомпонентное термодиффузионное насыщение, оптимизационное планирование экспериментов и математическое моделирование процессов массопереноса при ХТО. Профессор Л. Г. Ворошнин, обладая высокой квалификацией металловеда уральской школы, широким научным кругозором и нетривиальным научным мышлением, придавал большое значение теории и математическому моделированию в материаловедении еще задолго до того, как направление Computational Materials Science оформилось в самостоятельную науку [8]. Многолетний опыт исследований и преподавания на кафедре позволил авторскому коллективу под руководством проф. Л. Г. Ворошниина написать первый в Беларуси учебник «Теория и технология химико-термической обработки» [9]. Учебник был издан уже после смерти Л. Г. Ворошниина благодаря усилиям доц. О. Л. Менделеевой. Спектр научных интересов кафедры в этот период был весьма широк – от разработки броневых и инструментальных сталей до упрочнения твердых сплавов.

Социально-экономические, политические изменения начала XXI века не могли не отразиться на кафедре. Новой Беларуси были нужны новые решения в подготовке материаловедов. Научно-педагогический коллектив кафедры активно начал развивать магистратуру. Современные тенденции развития материаловедения настоятельно потребовали расширения глубины понимания магистрантами физико-химической природы процессов получения новых материалов, особенно диффузионных процессов. Для этого были разработаны интерактивные курсы [10]. Наряду с подготовкой научно-педагогических кадров для системы высшего образования и научных учреждений на кафедре была организована подготовка научно-технических кадров для нужд белорусского машиностроения. Следует отметить, что в современных условиях роль и значение научно-технической инициативы и квалификации в решении производственных задач, в частности металловедческих задач, существенно возросли [11]. Как правило, тематика

магистерской диссертации тесно связана с профессиональной деятельностью обучающегося (инженера) и направлена на индивидуальную подготовку специалиста в плане совершенствования действующих и разработки новых энерго-, ресурсосберегающих металлургических технологий. Основной упор был сделан на индивидуальную работу руководителя с магистрантом. В 2010–2017 годах не менее 10–12 человек в год обучались в магистратуре кафедры. За последние годы таким образом повысили свою квалификацию специалисты многих ведущих машиностроительных и металлургических предприятий. Развитие этой магистратуры привело к пониманию того, что наиболее эффективной для производственника является заочная форма обсуждаемой магистратуры. Среди магистрантов были не только молодые специалисты, но и начальники отделов, цехов, главные специалисты предприятий. За последние годы более 40 специалистов успешно защитили магистерские диссертации на кафедре. Ряд из них уже занимают руководящие должности на металлургических и машиностроительных предприятиях Беларуси. Несколько человек последних лет выпуска успешно трудятся за рубежом. Дальнейшим развитием магистерского направления кафедры стало открытие в 2019 году совместно с Научно-практическим центром Государственного комитета судебных экспертиз РБ перспективной специальности магистратуры 1–36 80 09 «Экспертиза материалов машиностроения, покрытий и изделий».

Острота проблемы научно-педагогических кадров стала причиной активизации работ в этом направлении. За последние годы создана определенная система подбора и подготовки талантливой, профпригодной молодежи для работы на кафедре и научной лаборатории (см. рисунок). Большинство молодых сотрудников кафедры являются ее выпускниками.



Структура подготовки научно-педагогических и научно-производственных кадров на кафедре и НИЛ упрочнения стальных изделий в 2006–2020 гг.

В научном плане коллектив кафедры активно работает в магистральном направлении развития теории и технологий диффузионного легирования для повышения долговечности металлических изделий. Защищены докторская диссертация (2008 г.), а также кандидатские диссертации сотрудников и выпускников кафедры: Л.А. Астреко (2006 г.), В.Г. Дашкевич (2009 г.), Г.А. Ткаченко (2011 г.), А.Н. Григорчик (2016 г.), А.В. Ковальчук (2020 г.).

В начале XXI века был выполнен комплекс исследований, позволивший впервые создать новый методологический и технологический подход к получению специальных сплавов для защитных покрытий и технологии их производства диффузионным легированием, в основе которого лежит научно обоснованное проектирование и изготовление востребованных высокоэффективных сплавов для конкретных производственных условий из доступного отечественного сырья, включая отходы металлообработки. Комплекс выполненных исследований стал базой для широкого промышленного внедрения гаммы

новых, отечественных наплавочных сплавов и ресурсосберегающих технологий упрочнения быстроизнашиваемых деталей машиностроения, сельскохозяйственной, мелиоративной и строительной техники, соответствующих современному мировому уровню. Результаты выполненного комплекса работ защищены 30 патентами Республики Беларусь и Российской Федерации. В результате промышленного внедрения научных исследований разработаны пять технических условий на научно-техническую продукцию, четыре технологических регламента на получение сплавов для защитных покрытий, более 20 технологических процессов упрочнения и восстановления деталей машин [12].

В последние годы кафедра активно совершенствует и развивает перспективные направления поверхностного и объемного упрочнения деталей машин и механизмов. Созданы эффективные искробезопасные термодиффузионные слои на конструкционных и инструментальных сталях [13]. Проводится совершенствование традиционных боридных слоев в направлении снижения хрупкости и повышения износостойкости за счет изменения морфологии слоя и дополнительного легирования [14]. Ведутся пионерные работы по термодиффузионному легированию медных сплавов. Разработана оригинальная технология формирования термодиффузионных жаростойких слоев на медных холодильниках производства стекловолна [15].

Интенсификация диффузионного легирования макро- и микрообъектов при ХТО являлась актуальной всегда. На заре развития кафедры проводились подобные исследования [3]. К настоящему времени получены новые научные данные по влиянию псевдосжижения и скоростного термоциклирования на протекание диффузионных процессов в сталях. Установлены и реализованы в производственной технологии особенности структурообразования нитроцементованных диффузионных слоев и сердцевин деталей из доэвтектоидных конструкционных сталей при локальном воздействии индукционного циклического нагрева. В результате многократных структурных превращений, фазового наклепа и рекристаллизационных процессов происходит интенсификация твердофазной диффузии, что сопровождается существенным увеличением толщины слоя с формированием высокодисперсной структуры. Разработана и запатентована технология повышения конструкционной прочности почвообрабатывающих элементов за счет комплексного упрочнения поверхности и сердцевины с макрогетерогенным распределением структур по сечению изделия [16].

Создана аддитивная технология формирования термодиффузионных слоев с дополнительным нанесением вакуумных нитридных покрытий. Установлена эффективность применения термодиффузионного борирования для разработки аддитивных технологий поверхностного упрочнения прецизионных стальных деталей с нанесением твердых вакуумных ионно-плазменных покрытий на примере PVD покрытия TiAlN. Экспериментально показано, что применение борирования стальных подложек для нанесения покрытий TiAlN позволяет дополнительно повысить микротвердость и износостойкость. Экспериментально показан и теоретически обоснован факт формирования на стальной поверхности нового микрокомпозиционного материала, который образуется в результате последовательных операций термодиффузионного борирования и вакуумного парового осаждения и который обладает свойствами, недостижимыми материалами подложки и вакуумного покрытия в отдельности. Так, установлено, что для образцов с покрытием TiAlN на подложках из сталей У8А и 9ХС с компактным двухфазным боридным слоем значения фактически измеренной микротвердости поверхности могут достигать 34–35 ГПа. Полученные результаты позволяют эффективно использовать борирование совместно с нанесением твердых ионно-плазменных покрытий для упрочнения широкого класса деталей и сделать научно обоснованным снижение толщины покрытий типа TiAlN и аналогичных твердых покрытий на стальных подложках с боридным слоем без потери в свойствах упрочняемой поверхности, а также могут быть использованы при разработке новых способов комплексного поверхностного упрочнения [17, 18].

Антикоррозионное термодиффузионное цинкование стальных изделий является предметом пристального внимания сотрудников кафедры в течение длительного времени [7, 19]. В последние годы проведен комплекс новых исследований, в результате которого разработана энергосберегающая технология термической обработки и термодиффузионного цинкования упругих стальных элементов. Теоретически обоснованно и практически реализованно энергосберегающее совмещение процессов термодиффузионного цинкования с отпусканием обрабатываемых стальных изделий после закалки. Установлены особенности структурообразования при распаде мартенсита конструкционных пружинных сталей в процессе диффузионного насыщения цинком и среднего отпуска [20].

В нынешнее не простое время кафедра по-прежнему является признанным и динамично развивающимся научно-педагогическим центром металловедения и химико-термической обработки в Беларуси и ближнем зарубежье.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Иваницкий Н.И., Константинов В.М., Пучков Э.П.** Кафедра «Материаловедение в машиностроении» БНТУ – традиции и современность // Литье и металлургия. 2016. № 4. С. 156–161.
2. **Ляхович Л.С., Гончар В.Н.** Высокопрочная цементуемая сталь 20ХГНР. М., 1959. 12 с.
3. **Ляхович Л.С., Беляев В.И.** Азотирование стали нагревом токами высокой частоты. Мн.: Изд-во высш., сред. спец. проф. образования БССР, 1961. 45 с.
4. **Ляхович Л.С., Ворошнин Л.Г.** Борирование стали. Мн.: Металлургия, 1967. 119 с.
5. **Иваницкий Н.И., Константинов В.М.** Ворошнин Л.Г. – основатель белорусской научной школы химико-термической обработки // Упрочняющие технологии и покрытия. 2008. № 1. С. 3–4.
6. **Ворошнин Л.Г.** Борирование промышленных сталей и чугунов. Мн.: Беларусь, 1981. 205 с.
7. **Борисенок Г.В., Васильев Л.А., Ворошнин Л.Г. и др.** Химико-термическая обработка металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1981. 421 с.
8. **Хина Б.Б., Хусид Б.М.** Математическое моделирование синтеза покрытий и материалов: от твердофазной диффузии к механизмам фазообразования (по материалам работ проф. Л.Г. Ворошнина) // Упрочняющие технологии и покрытия. 2008. № 1. С. 8–14.
9. **Ворошнин Л.Г., Менделеева О.Л., Сметкин В.А.** Теория и технология химико-термической обработки. М.: Новое знание; Минск, 2010. 304 с.
10. **Хина Б.Б., Константинов В.М.** Опыт повышения научной квалификации магистрантов и аспирантов-материаловедов в вопросах диффузионных процессов и дислокационных взаимодействий в металлах и сплавах // Металлургия: респ. межвед. сб. науч. тр. Минск: БНТУ, 2015. Вып. 36. С. 300–310.
11. **Константинов В.М.** Опыт и перспективы магистерской подготовки инженерных кадров в области металловедения // Литье и металлургия. 2016. № 2. С. 119–124.
12. **Константинов В.М.** Теоретические и технологические аспекты создания экономнолегированных защитных слоев из диффузионно-легированных сплавов // Вестн. БНТУ. 2007. № 2. С. 29–37.
13. **Капцевич В.М., Лисай Н.К., Константинов В.М. и др.** Искрогасители для сельскохозяйственной техники. Минск: БГАТУ, 2017. 156 с.
14. **Дашкевич В.Г.** Использование полупроницаемых слоев для термодиффузионного борирования // Металлургия: респ. межвед. сб. науч. тр. Минск: БНТУ, 2017. Вып. 38. С. 152–156.
15. **Дашкевич В.Г., Щербаков В.Г.** Повышение эксплуатационных свойств теплоотводящих элементов холодильника стекольного производства // Металлургия: респ. межвед. сб. науч. тр. Минск: БНТУ, 2016. Вып. 37. С. 141–145.
16. **Константинов В.М.** Упрочнение быстроизнашиваемых деталей почвообрабатывающих плугов нитроцементацией с локальным циклическим индукционным нагревом / В.М. Константинов, Г.А. Ткаченко // Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 2. С. 44–50.
17. **Константинов В.М.** Свойства двухслойных износостойких покрытий «Термодиффузионный слой – TiAlN» на сталях / В.М. Константинов, А.В. Ковальчук, В.Г. Дашкевич // Журнал физики и инженерии поверхности, 2016. Т. 1. № 2. С. 213–224.
18. **Komarov F.F.** The effect of steel substrate pre-hardening on structural, mechanical, and tribological properties of magnetron sputtered TiN and TiAlN coatings / F.F. Komarov [and oth.] // Wear. 2016. Vol. 352–353. P. 92–101.
19. **Константинов В.М., Иваницкий Н.И., Астрейко Л.А.** Антикоррозионные цинковые покрытия на стальных изделиях: перспективы термодиффузионных покрытий // Литье и металлургия. 2013. № 4. С. 107–110.
20. **Булойчик И.А.** Термодиффузионное цинкование улучшаемых и пружинных сталей // Литье и металлургия. 2013. № 4. С. 121–124.

*Материал подготовил  
В.М. Константинов*