

МАТЕРИАЛЫ И ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

УДК 621.79:631.3

ВОССТАНОВИТЕЛЬНО-УПРОЧНИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОЛОЦКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

*чл.-кор. НАН Беларуси, д-р техн. наук, проф. Ф.И. ПАНТЕЛЕЕНКО
(Полоцкий государственный университет)*

С позиций развития машиностроительного производства в Беларуси рассмотрено становление научной школы Полоцкого государственного университета в области восстановительно-упрочняющих технологий и ее основных элементов (научно-технические кадры, исследовательская материально-техническая база, результативность работы для промышленности). Дан краткий обзор разработок выполняемых исследователями Полоцкого государственного университета в области восстановительно-упрочнительных технологий.

Интенсивное развитие машиностроительного производства в Беларуси во второй половине XX столетия вызвало необходимость решения актуальной проблемы обеспечения требуемого срока службы машин и обусловило целесообразность восстановления и упрочнения прежде быстроизнашивающихся ресурсоопределяющих деталей машин. Поэтому академическая, отраслевая и вузовская наука активно занялись разработкой и решением этой проблемы.

Наиболее актуальными для Беларуси в данном направлении являются:

- разработка новых недорогих, экономичных и экологических материалов, технологий для нанесения покрытий с требуемыми эксплуатационными свойствами;
- модернизация существующего или создание нового эффективного полуавтоматического оборудования для нанесения покрытий или модифицирования (упрочнения) поверхностей материалов;
- доводка и широкая реализация наиболее эффективных ресурсосберегающих технологий и оборудования в промышленности и агропромышленном комплексе;
- подготовка и переподготовка кадров в области восстановительно-упрочняющих технологий.

Среди научных учреждений и вузов, активно занимающихся названной проблематикой, одно из ведущих мест занимает коллектив ученых Полоцкого государственного университета.

Многие годы данное направление являлось в университете одним из основных и сформировалось в научную школу в области восстановительно-упрочняющих технологий.

Ключевыми характеристиками школы являются следующие аспекты: система подготовки научно-технических кадров, исследовательская материально-техническая база и результативность работы для промышленности.

Если говорить о системе подготовки научно-технических кадров, то ее можно условно представить в виде схемы (рис. 1).

Основным источником подготовки кадров высшей научной квалификации для машиностроения, способных успешно решать современные научно-технические задачи, является талантливая студенческая молодежь, обучающаяся, главным образом, на машиностроительном факультете по 3-м указанным специальностям (см. рис. 1).

На протяжении обучения в университете, привлекая к работе в студенческих, научных кружках, лабораториях, к участию в ежегодных научных конференциях, республиканских и иных конкурсах студенческих научных работ, удается выявить наиболее способных, склонных к творческой работе.

Более того, наш университет по результатам ежегодных республиканских конкурсов лучших студенческих научных работ в последние годы устойчиво входит в четверку сильнейших среди вузов республики. Так, например, по количеству лауреатов по итогам 2004 года мы уступили лишь Белорусскому государственному университету (8 и 9 лауреатов соответственно). Ежегодно Полоцкий университет представляет на конкурс около сотни работ, из которых примерно 80 % оцениваются лауреатскими (I, II, III) премиями, т.е. высшими категориями. Результаты исследований студенческих работ публикуются в тематическом сборнике «Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета».

Студентов, имеющих высокий балл успеваемости и активно занимающихся научно-исследовательской работой, как правило, приглашаем продолжить обучение далее - в магистратуре.

Эффективной магистратура в нашем университете оказалась в значительной степени благодаря опыту, полученному в международном 3-х летнем проекте с университетами Манчестера и Мадрида.

Итоговую оценку молодым инженерам и магистрам дают государственные экзаменационные комиссии, возглавляемые опытными руководителями промышленности или известными авторитетными учеными.

Отметим, что спрос на инженеров-механиков, выпускаемых УО «ПГУ» высок.

Что касается магистров по направлению, то примерно половина из них (лучшие, проявившие умение самостоятельно ставить и решать научно-технические задачи) продолжают затем обучение в аспирантуре, остаются на преподавательской или исследовательской работе в университете. Вторая половина (преимущественно обучавшиеся по заочной форме) успешно работают на предприятиях Минска, Жодино, Полоцка, Новополоцка.

Ежегодный выпуск составляет около 50 инженеров-механиков, 7... 10 магистров и 2...4 кандидатов и докторов наук по направлению.

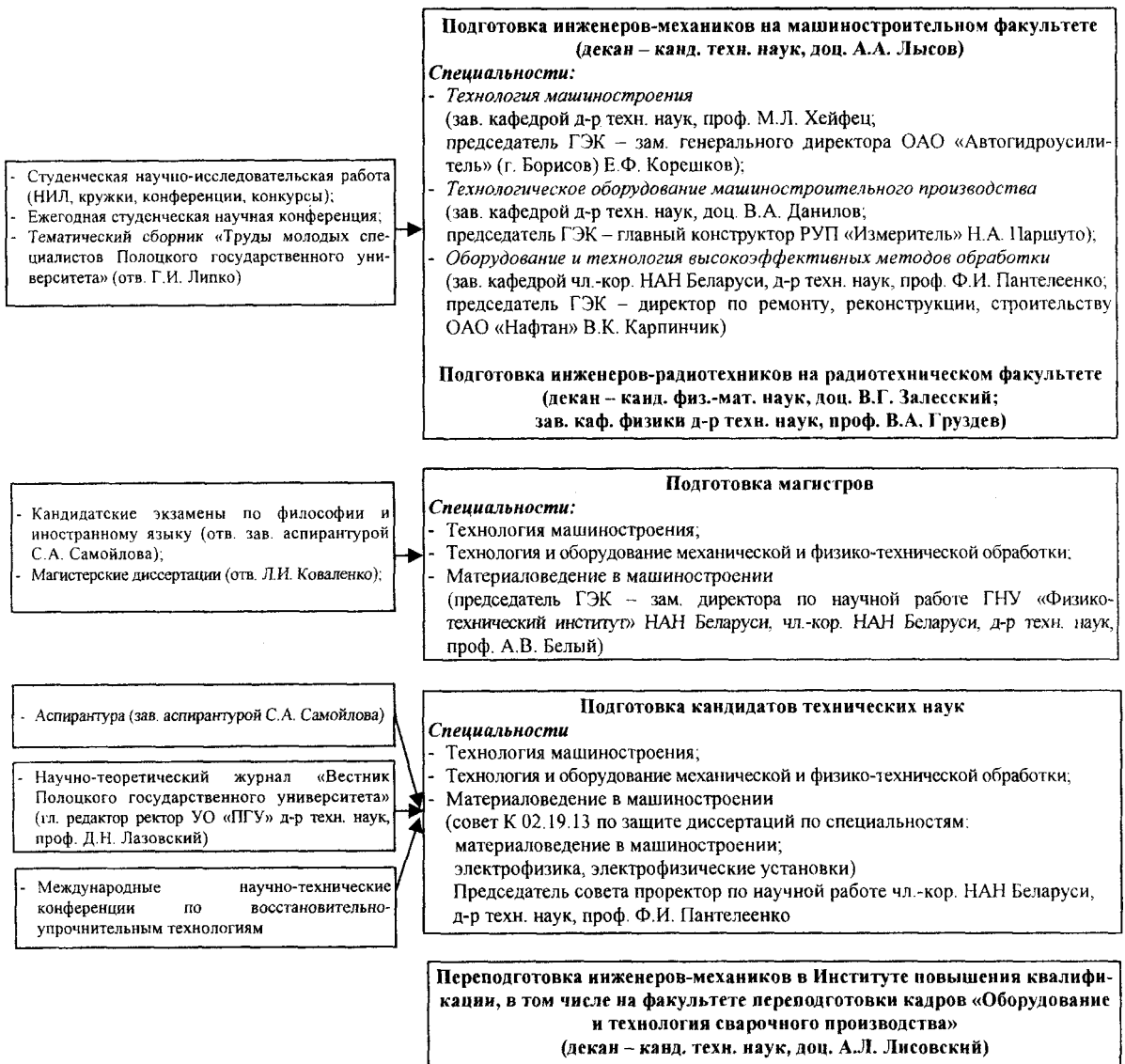


Рис. 1. Схема системы подготовки научно-технических кадров

Поскольку возникает потребность в расширении специализации кадров, нами ведется переподготовка инженеров-механиков по сварочному производству, а с 2005 - 2006 учебного года начнется подготовка инженеров сварочного производства по очной форме обучения.

Система работает устойчиво - на машиностроительном факультете трудится почти половина профессорского состава университета.

В целом по направлению в УО «ПГУ» защищено 6 докторских и более 30 кандидатских диссертаций, опубликовано более 20 монографий, справочных и учебных пособий, получено свыше 250 изобретений и патентов.

Значительный вклад в подготовку кадров высшей квалификации по направлению внесли академики Г.Т.И. Ящерицын, С.А. Астапчик, член-корреспондент Н.Н. Дорожкин, профессора Л.С. Ляхович, Л.Г. Ворошнин, Г.М. Сорокин, В.И. Коробко и другие ученые.

Что касается исследовательской материально-технической базы по направлению, то у нас имеются установки для плазменной, газоплазменной, электродуговой наплавки, термические печи, импульсный и непрерывный лазеры, внушительный парк станочного оборудования (цифровые камеры, ПЭВМ и т.п.), твердомеры.

Ряд установок, машин, приспособлений создан или усовершенствован учеными университета. Так, например, представленная на рис. 2 модернизированная установка плазменной наплавки типа У ПН внедрена и эффективно используется для восстановления плазменной наплавкой деталей машин и оборудования (валы, валики, втулки, вилки и другие детали двигателей внутреннего сгорания, валы насосов, штоки и шпиндели защитной арматуры в энергетике и нефтепереработке, горячештамповая оснастка, и др.) на ряде предприятий Беларуси и России (Минский подшипниковый завод, Витебский мотороремонтный завод, Новополоцкая ТЭЦ, Архангельский целлюлозно-бумажный комбинат и др.).

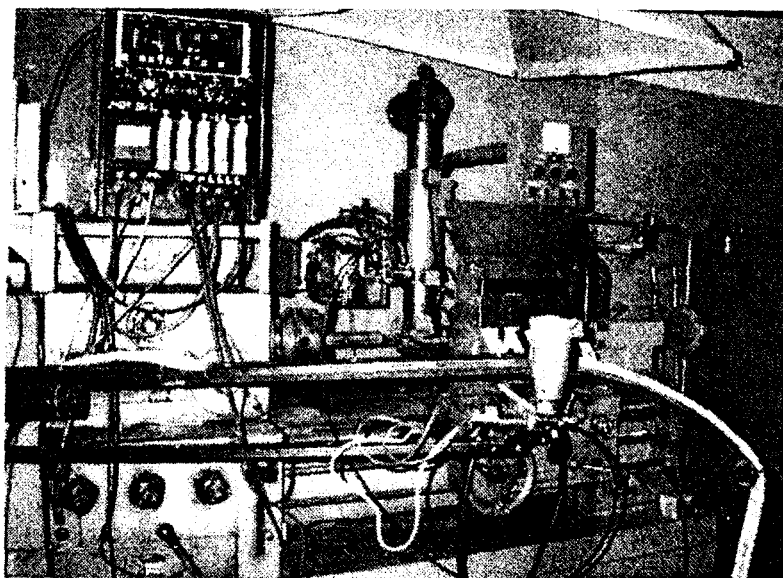


Рис. 2. Модернизированная установка плазменной наплавки типа У ПН

В последние годы приобретено уникальное оборудование: вакуумный электронно-лучевой комплекс, атомно-эмиссионный спектрометр ЭМАС-200Д, микроскоп Neophot-21, переносное оборудование для полевой диагностики (твердомеры, приборы магнитной памяти и т.п.).

Необходимо отметить результативность фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ. Ежегодно по направлению на сумму около 120 млн. руб., т.е. 22 % от общего объема научных исследований, проводится по фундаментальным грантам, финансируемым из бюджета. Это работы по программам «Материал», «Механика», «Поверхность», «Диагностика», «Наноматериалы и нанотехнологии», региональной программе «Инновационное развитие Витебской области» и др.

Прямые хозяйственные договоры составляют 78 % от общего объема научно-исследовательских работ - это лицензируемые работы, выполняемые аккредитованной Проматомнадзором контрольно-испытательной лабораторией (КИЛ) по диагностированию металлоконструкций, технологического оборудования, объектов повышенной опасности (сосудов, работающих под давлением, котлов паровых и водогрейных, трубопроводов пара и горячей воды, сосудов и резервуаров для хранения легковоспламеняющихся жидкостей, кранов, лифтов). В лаборатории работают высококвалифицированные специалисты, которым часто приходится работать в экстремальных условиях на объектах, находящихся в аварийных ситуациях.

Есть в университете и оригинальные методики и разработки, например, полевая лаборатория экспресс-диагностики. Работы по диагностированию существенно экономят средства промышленных предприятий.

Рассмотрим один из конкретных примеров: ОАО «Полимир» приобрело импортные дорогостоящие закально-испарительные агрегаты, которые быстро вышли из строя. Контрольно-испытательная лаборатория по просьбе заказчика провела детальное диагностирование и выявила причины, доказывающие виновность фирм-изготовителей. В результате фирмы безвозмездно отремонтировали агрегаты, что позволило ОАО «Полимир» сэкономить сотни тысяч долларов.

Анализ тематики исследований в области технологии и оборудования плазменных, газопламенных, лазерных, электронно-лучевых вакуумных, диффузионных, гальванических восстановительно-упрочнительных процессов в Республики Беларусь в целом показывает, что в настоящее время эти технологии активно разрабатываются и в Национальной академии наук Беларуси (Физико-технический институт, Концерн порошковой металлургии, Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого и др.), и в учреждениях Министерства образования (Белорусский национальный технический университет, Белорусский государственный университет, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Белорусский аграрный технический университет, Брестский государственный технический университет, Белорусский государственный университет транспорта, Белорусский государственный технический университет, Гомельский государственный университет, Гродненский государственный университет, Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Полоцкий государственный университет и др.), ряде предприятий и организаций Минпрома и Минсельхозпрода.

Причем все большую востребованность приобретают технологии и оборудование, отличающиеся экономичностью, в том числе минимальным потреблением энергоносителей, высоким качеством и стабильностью процессов, высокими эксплуатационными характеристиками, производительностью, экологической чистотой.

В странах зарубежья наиболее привлекательны предложения фирм Швеции, Швейцарии, Германии, Японии, США, Финляндии, ряда предприятий России, Украины.

Обзор разработок в области восстановительно-упрочнительных технологий выполняемых исследователями Полоцкого государственного университета с позиций актуальности позволяет выделить наиболее интересные из них.

Если речь идет о материалах для нанесения покрытий при восстановлении, то весьма эффективными являются самофлюсующиеся материалы на основе никеля. Порошки названных материалов и смеси из них широко использовались для получения напыленных и наплавленных различными способами покрытий с целью восстановления и упрочнения широкой гаммы быстроизнашивающихся деталей в энергетике, нефтехимии, целлюлозно-бумажной и ряде других отраслей промышленности СССР в 80 - 90-е годы прошлого столетия. Однако их высокая стоимость и невостребованность в ряде случаев всего комплекса их свойств вызвала необходимость разработки нового класса самофлюсующихся материалов на основе железа [1]. Новизна подхода заключается не в объемном легировании, а в диффузионном легировании поверхностной оболочки частиц порошка флюсующе-упрочняющими элементами (бором, кремнем). При этом представляется возможным, регулируя количество вводимых элементов, управлять свойствами получаемых из них покрытий. Исходными для получения диффузионно-легированных материалов могут быть как серийные сферические порошки, так и проволока, металлоотходы (стружка, отходы абразивной, электроэрозионной и других видов обработки).

Можно привести несколько наиболее характерных примеров применения диффузионно-легированных порошков на основе железа:

- диффузионно-легированный бором порошок ПЖВ показал высокую эффективность при восстановлении цилиндрических золотников электроконтактной приваркой [2];
- металлорежущий инструмент, изготовленный из диффузионно-легированного бором порошка 10P6MB, позволил обеспечить более высокую теплостойкость и в 1,8...2,1 раза повысить скорость резания по сравнению с быстрорежущей сталью [3]. Это свидетельствует об эффективности замены в ряде случаев металлорежущего инструмента из быстрорежущей стали и твердого сплава на инструмент из разработанного диффузионно-легированного порошка;
- диффузионно-легированный бором и марганцем наплавленный порошковый материал на основе порошка ПР-Х18Н9 оказался эффективным для восстановления и упрочнения горячештампового инструмента [4], а также деталей машин, работающих в агрессивных средах [1];
- диффузионно-легированная бором и марганцем стружка чугуна ИЧХ28Н2 является эффективным наплавленным материалом для повышения в 1,5...2 раза стойкости плужных лемехов [5] и других элементов почвообрабатывающих машин;
- диффузионно-легированная бором и медью стружка серого чугуна СЧ20, а также бором и кремнием стружка бронзы БрАЖ9-3 показали высокие антифрикционные свойства при использовании их в качестве наплавки рабочих поверхностей подшипников скольжения [4].

Для получения плазменных напыленных покрытий многофункционального назначения весьма перспективны композиционные порошки из оксидной керамики [6].

В заключение приведем несколько примеров эффективных восстановительно-упрочнительных технологий:

- ручная электродуговая наплавка неплавящимся электродом, печная наплавка или индукционная наплавка (в зависимости от имеющейся на предприятии базовой технологии) плужных лемехов (рис. 3) диффузионно-легированной бором и марганцем стружки чугуна ИЧХ28Н2;
- плазменная наплавка изношенной поверхности штока (рис. 4);
- электродуговая металлизация (рис. 5).

Подробнее эти и иные восстановительно-упрочнительные технологии рассмотрены в работах [1-10].

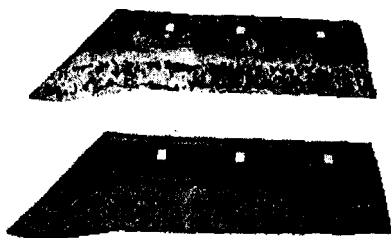


Рис. 3. Плужный лемех, упрочненный диффузионно-легированным сплавом на основе металлоотходов (ОАО «Минский райагропромсервис»)



Рис. 4. Шток пароводяной арматуры, наплавленный диффузионно-легированным порошком ПР-Х18Н9, после двух лет эксплуатации (Новополоцкая ТЭЦ).

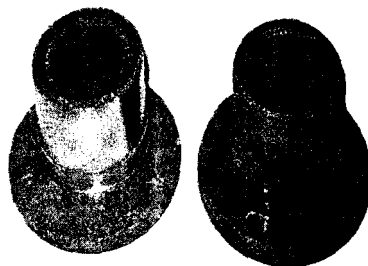


Рис. 5. Ступица коленчатого вала двигателя ЗМЗ-53, восстановленная и упрочненная электродуговой металлизацией, диффузионно-легированная бором и алюминием проволокой (ОАО «Полоцкий завод «Проммашремонт»)

ЛИТЕРАТУРА

1. Пантелеенко Ф.И. Самофлюсующиеся диффузионно-легированные порошки на железной основе и защитные покрытия из них. - Мн.: Технопринт, 2001. - 300 с.
2. Пантелеенко Ф.И., Константинов В.М., Лисовский А.Л. Износостойкие боросодержащие покрытия, полученные электроконтактной приваркой // Трение и износ. - 1995. - Т. 16, № 3. - С. 563 - 566.
3. Пантелеенко Ф.И., Снарский А.С. Ресурсосберегающая технология получения боросодержащего инструментального материала // Материалы. Технологии. Инструменты. - 1998. - № 4. - С. 98 - 101.
4. Константинов В.М., Пантелеенко Ф.И., Штемпель О.П. Синтез наплавочных порошков диффузионным легированием // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2002. - № 5. - С. 15 - 18.
5. Константинов В.М., Пантелеенко Ф.И., Жабуренок С.Н. Повышение износостойкости при упрочнении плужных лемехов диффузионно-легированной чугушной стружкой // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2003. - № 5. - С. 17 - 20.
6. Композиционные порошки из оксидной керамики TiO_2 - SiO_2 - Al_2O_3 - ZrO_2 с наноразмерными ингредиентами для газотермических покрытий многофункционального назначения / Н.А. Руденская, Ф.И. Пантелеенко, В.И. Сороговец и др. // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. В. Прикладные науки. - 2004. - № 1. - С. 25 - 32.
7. Износостойкие газотермические покрытия из диффузионно-легированных порошков на основе чугушной стружки / В.М. Константинов, Н.В. Спиридонов, О.Г. Девойно, А.М. Авсиевич; Под ред. Ф.И. Пантелеенко. - Мн.: Технопринт, 2005. - 146 с.
8. Новые ресурсосберегающие технологии и композиционные материалы / Ф.Г. Ловшенко, Ф.И. Пантелеенко, А.В. Рогачев и др. - М.: Энергоатомиздат; Гомель: БелГУТ, 2004. - 519 с.
9. Восстановление деталей машин: Справочник / Ф.И. Пантелеенко, В.П. Лялякин, В.П. Иванов, В.М. Константинов; Под ред. В.П. Иванова. - М.: Машиностроение, 2003. - 672 с.
10. Pantelejenko F. Perspektywiczne eutektyczne materiały dodatkowe do lutowania reakcyjnego // Przegląd spawalnictwa. - 2004. - № 8 - 9. - S. 89 - 92.