

Безразмерные комплексы  $X$  и  $Y$  имеют определенный физический смысл:  $Y$  можно трактовать как отношение количества энергии, поглощаемой пластиной коллектора в течение месяца, к полной тепловой нагрузке;  $X$  — отношение месячных тепловых потерь коллектора при базисной температуре к полной месячной тепловой нагрузке.

Зависимость между  $X$ ,  $Y$  и  $f$  можно аппроксимировать следующим уравнением:

$$f = 1,029 Y - 0,065 X - 0,245 Y^2 + 0,0018 X^2 + 0,0215 Y^3,$$

где  $0 < Y < 3$  и  $0 < X < 18$ .

Были проведены расчеты для простейшего коллектора с однослойным остеклением ( $K=8$  Вт/(м<sup>2</sup>К),  $\eta_0=0,85$ ) при ежедневном расходе 90 литров на человека горячей воды температурой 55°C. Установлено, что в условиях г. Гомеля

(юг Беларуси) при площади коллектора 1 м<sup>2</sup>, приходящейся на одного человека, будет достигнут коэффициент замещения  $f=0,5$ . На севере Беларуси этот коэффициент составляет величину  $f=0,45$ , что говорит о возможности использования солнечных систем сезонного горячего водоснабжения в нашей республике.

#### Литература

1. Системы солнечного тепло- и холодоснабжения // Под ред. Э.В.Сарницкого и С.А. Чистовича. М.: Стройиздат, 1990.
2. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. Расчет систем солнечного теплоснабжения. - М.: Энергоиздат, 1982.

## ГАЗОПЛАМЕННОЕ НАПЫЛЕНИЕ ПОКРЫТИЙ – НАДЕЖНАЯ ЗАЩИТА ДЕТАЛЕЙ ОТ РАЗРУШЕНИЯ

*Манойло Е.Д.*

*Институт сварки и защитных покрытий НАН Беларуси*

Интенсивное развитие различных отраслей народного хозяйства сопровождается потребностью в материалах с высокими эксплуатационными характеристиками. Так как все детали машин, механизмов и сооружений находятся во взаимодействии с окружающей средой – газами, жидкостями и твердыми телами, то на их поверхностях протекают физико-химические процессы – адсорбция, коррозия, эрозия, трение и т.д., от активности которых зависит ресурс работы изделий. Существенно снизить скорость процессов взаимодействия рабочей поверхности изделия с окружающей средой позволяет использование защитных покрытий [1]. При этом следует изготавливать основную часть детали из мало дефицитного (дешевого) материала с достаточными технологическими и физико-механическими свойствами, а поверхностный слой – из материала, обладающего комплексом защитных свойств от воздействия окружающей среды. Для формирования на деталях слоев покрытий с необходимыми функциональными свойствами широко применяются методы газопламенного напыления покрытий.

Первый аппарат для напыления покрытий из расплавленного металла подогретым газом был изобретен швейцарским инженером Максом Ульрихом Шоопом в 1905г. В 1912г. им же был скон-

струирован работающий на горючем газе аппарат для распыления проволоки, названный «пистолетом». Таким образом, газопламенному напылению покрытий – 100 лет.

Основными причинами создания процесса в начале 20 века были [2]:

- безвозвратные потери выплавленного металла от коррозии – до 30% в год;
- дефицит некоторых конструкционных материалов;
- возникновение технически сложных и совершенных объектов, теряющих работоспособность при потере от износа сотых долей от общей массы;
- недостаточное количество существующих технологий для решения проблем защиты от комплексного разрушающего воздействия окружающей среды.

Первые попытки использования газопламенного напыления в Российской империи относятся к 1912-1914 гг., когда М.У. Шооп получил Российскую «привилегию» на некоторые свои изобретения и в Санкт-Петербурге было организовано Товарищество «Металлизаторь», которое не смогло развернуть свою деятельность из-за начала мировой войны. Из-за дефицита ацетилена, только к концу 30-х годов газопламенное напыление возникло в Отделе металлизации Монтажно-технической конторы Глававтогена

Народного комиссариата тяжелого машиностроения. Важной вехой в становлении процесса напыления покрытий является создание в 1937г. инженерами Е.М. Линником и М.В. Катцем первого советского электродугового металлизационного аппарата «ЛК-1». Это послужило основой для формирования условий, благодаря которым к началу 50-х годов 90% техники газотермического напыления в СССР было электродугового распыления [3].

Методы газопламенного напыления покрытий основаны на подаче материала в виде порошка, проволоки, гибкого шнура или стержня через аппарат-распылитель к сопловому наконечнику, в котором концентрично с каналом для прохода материала выполнены каналы для подачи горючей смеси в зону нагрева. На срезе соплового наконечника горючую смесь поджигают. При сгорании горючей смеси образуется кольцевое пламя, которое нагревает распыляемый материал до температуры, близкой к температуре его плавления и переносит частицы на напыляемую поверхность.

Для нагрева и переноса частиц при газопламенном напылении покрытий используется энергия, выделяющаяся при сгорании смеси горючего газа с кислородом. В качестве горючего газа используются ацетилен, пропан-бутан, водород и некоторые синтетические газы – пропилен, метилаленовая фракция (МАФ) и др.

Важным вкладом в развитие технологии газопламенного порошкового напыления покрытий послужило создание в 1945г. американской фирмой «Колмоной» никелевых самофлюсующихся сплавов, с температурой плавления около 1000°С, обеспечивших возможность нанесения «идеальных» покрытий на стальные и чугунные поверхности. Входящие в состав этих сплавов флюсующие элементы – бор и кремний, обеспечили в процессе формирования покрытия защиту металлической поверхности от кислорода и получение прочных диффузионных связей между материалом покрытия и подложкой [4]. Однако на начальном этапе они использовались только для газопорошковой наплавки.

Возможность получения значительных скоростей истечения газовых струй при сжигании горючей смеси внутри камеры и за счет этого повышение скорости и температуры частиц при распылении, а также плотности и прочности покрытий из различных материалов, способствует созданию и применению, новых процессов и материалов. Одним из таких примеров являются оксидно-керамические стержни «Rokide», созданные в 1955г. американской фирмой Norton. Про-

цесс «Rokide» используется на американском континенте до настоящего времени. Стержни получают предварительным формованием оксидных порошков с последующим спеканием при высоких температурах. Распыление стержней производится специальными аппаратами [5].

В 1956г. фирмой Metco Inc. (США) созданы первый надежный аппарат – Метко N и способ газопламенного напыления покрытий из четырех марок порошков: нихрома, алюминиевой бронзы, алюминид никеля и нихром алюминия [6].

В 1964г. фирмой Метко (США) создается процесс ThermoSpray (Термонапыление) и два аппарата для его осуществления: тип 5P – для ручных и 6P – для стационарных работ. Это позволило осуществить напыление плотных, прочных и износостойких, покрытий с широким диапазоном твердости (25...62 HRCэ) из порошков самофлюсующихся никелевых сплавов, типа «Колмоной», а также порошков чистых металлов, их сплавов, композиций и оксидов более чем 30 типов. Данный процесс и аппараты значительно расширили технологические возможности метода газопламенного порошкового напыления [7].

Ограниченная длина стержней «Rokide» фирмы Norton, их низкая прочность и другие причины, связанные с перерывами процесса напыления, послужили основанием для создания в 1974г. французским инженером Клеманом материалов в форме шнура длиной более 50 м и процесса шнурового газопламенного напыления покрытий – «Sfecord». Процесс изготовления шнуров состоит в компактировании на специальном прессе порошков с помощью сублимирующей во время распыления полимерной связки. Для изготовления шнуров «Sfecord» были использованы порошки оксидных керамик, NiCr, NiAl и никелевых самофлюсующихся сплавов [8].

Создание процессов **ThermoSpray** и «Sfecord» позволило расширить номенклатуру газопламенных покрытий, значительно повысить их качество и послужило толчком к активному созданию новых процессов и аппаратуры различными фирмами. Так, объединением двух фирм Castolin (Швейцария) и Eutectic (США) были созданы процессы и аппараты Rototec, Eutalloy RW, Rotoloy (1975г.), Rototec 80 (1978г.), CastoDyn 2000 (1980г.), CastoDyn DS 8000 (1991г.) [9-12]. К этому следует добавить разработки фирмы Metco Inc, которая создала новые аппараты для газопламенного напыления порошков: Metco 5P-II и Metco 6P-II и серию порошков для нового «One step» процесса

[13-14]. Благодаря увеличению расхода ацетилен на 30% и новым конструкциям газовых сопел, прочность сцепления покрытий с основой достигает 40 МПа при пористости – 2...15% [15].

В это же время создаются за рубежом новые фирмы, например, в Австрии – MTS (Metallizing Technology System). Она производит и продает оборудование для газотермического напыления, включая газопламенное, американской фирмы Metallizing Company of America, с торговой маркой Mogul [16]. Для процесса Mogul фирма MTS предлагает более 60 типов порошков: металлов, сплавов на их основе, механических смесей этих сплавов с карбидом вольфрама, а также оксидных керамик и композитов [17].

Однако качество покрытий, напыляемых с использованием аппаратов фирмы Метко и процесса ThermoSpray, до настоящего времени превосходит подобные покрытия других фирм, а процесс и аппаратура получили широкое распространение во всем мире, не претерпев принципиальных изменений.

В начале 80-х годов американский инженер Д. Браунинг впервые осуществил промышленное производство аппарата высокоскоростного газопламенного напыления покрытий High Velocity Oxygen Fuel (HVOF). Для распыления материалов в виде порошков использовалась ракетная струя небольшой мощности [18]. Это позволило получить покрытия с пористостью менее 1% и прочностью сцепления – до 80 МПа.

В нашей республике газопламенное напыление порошковых покрытий начало развиваться в начале 70-х годов, когда на кафедре «Технология машиностроения», которую возглавлял профессор Г.М. Яковлев, начали проводиться первые эксперименты по созданию аппаратуры и технологии нанесения защитных покрытий из порошков самофлюсующихся никелевых сплавов. В 1972г. на базе аппарата Метко 5П отделом износостойких покрытий кафедры была создана установка ТРГ для газопламенного напыления покрытий из порошков на основе меди, никелевых сплавов и экзотермически реагирующих соединений типа никель-алюминий. Она позволила впервые реализовать процесс нанесения толстослойных покрытий при упрочнении торцевых уплотнений насосов магистральных нефтепроводов. В соответствии с процессом, после струйно-абразивной обработки упрочняемой поверхности напыляли слой сплава толщиной 0,1-0,5 мм, производили его оплавление, а затем при температуре более 800°C наносили

слой сплава требуемой толщины и покрытие дооплавливали. В соответствии с данным процессом были нанесены покрытия более чем на 4000 торцевых уплотнений различных насосов.

В результате совершенствования основных узлов установки ТРГ в конце семидесятых годов была создана новая – УПТР-1-78 [19]. Этому способствовали работы, выполнявшиеся совместно с сотрудниками института физики АН БССР, позволившие создать один из первых приборов для исследований скорости пламени и полета частиц – ИССО-1 [20]. Интересно отметить, что в конце семидесятых, в дни празднования 60-тилетия АН БССР, нашу лабораторию посетили руководитель нашей республики – П.М. Машеров и президент АН СССР академик А.И. Александров.

В ГНУ «Институт порошковой металлургии» НАН Беларуси работы по созданию процессов газопламенного напыления покрытий ведутся с 1982 года. В 1982-1987 гг. на предприятиях Минлеглапрома РБ (Могилевском КШТ, Жлобинской ФИМ, Барановическом ПХБО, Витебском ковровом комбинате и др.) были созданы ремонтные участки газопламенного напыления защитных покрытий для восстановления-упрочнения быстрознашивающихся деталей технологического оборудования [21].

Опыт создания участков показал, что для их эффективной работы недостаточно наличия аппаратуры для газопламенного напыления покрытий. необходимо создать специальное технологическое оборудование: для подготовки поверхности перед напылением – струйно-абразивное, и специальное – для вращения детали и перемещения относительно детали аппарата-распылителя.

Для этих целей в 1992г. было создано научно-производственное предприятие по газопламенной обработке материалов «ТЕНА», которое осуществило создание и производство комплекта технологического оборудования для участка газопламенного напыления покрытий [22].

В настоящее время предприятием «ТЕНА» производится комплект технологического оборудования, который включает: установку струйно-абразивной обработки камерного типа деталей длиной до 1300 мм – УСАО-1300 (рис. 1); камеру полуавтоматического напыления покрытий КПАИ-1300 (рис. 2); установку для струйно-абразивной обработки и напыления покрытий на детали длиной до 2000 мм – вращатель ДМВ-2000 (рис. 3) и установку струйно-абразивной обработки «беспыльная» – УСАО-БП, с циклоном и

вакуумным отсосом пыли (рис. 4) [23].

**Важной особенностью установки УСАО-1300** является наличие двух инжекторов: первого - для подачи дроби от бункера к соплу аппарата и второго, в аппарате – для дальнейшего ускорения и транспортировки абразива к обрабатываемой поверхности. Это позволяет более эффективно использовать энергию при обработке изделий. Снабжение установки УСАО-1300Пв приводом вращения позволило повысить качество обработки деталей типа «вал». В настоящее время установки эксплуатируются в Беларуси: на Хойникском ремонтном заводе, Березовском мотороремонтном заводе, Беларуском металлургическом заводе и др. предприятиях, а также на предприятиях Украины, России и Израиля.

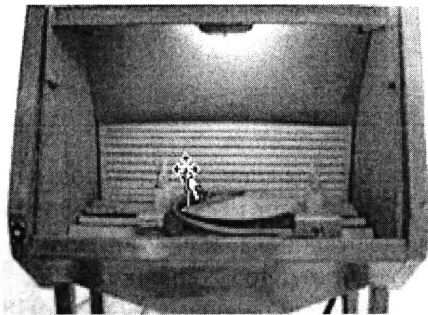


Рис. 1. Установка УСАО-1300

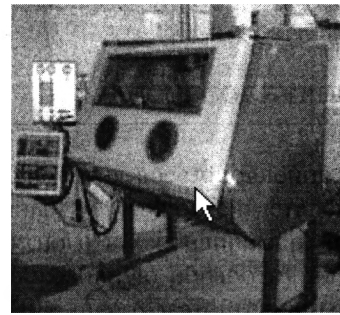


Рис. 2. Камера КПАИ-1300

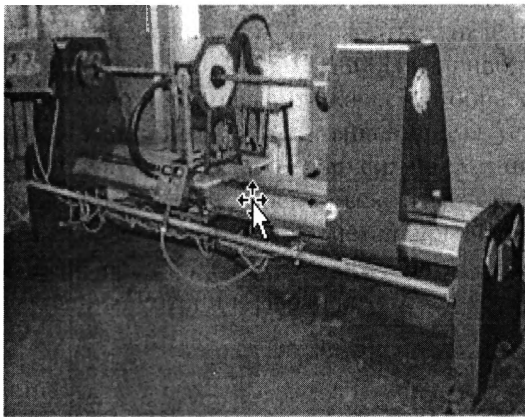


Рис. 3. Установка ДМВ-2000

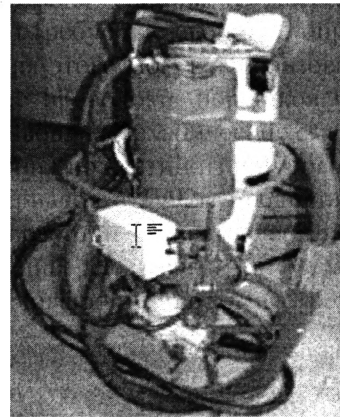


Рис. 4. Установка УСАО-БП

Следует также отметить, что при создании установки струйно-абразивной обработки УСАО-Бп была создана принципиально новая система очистки отходящего воздуха, состоящая из 12 керамических труб длиной 450 мм и диаметром около 50 мм. Это позволило обеспечить сбор и удаление пыли без подключения к системе вытяжной вентиляции. Аналогичной системой очистки отработавшего воздуха снабжена и установка ДМВ-2000.

Обычно технология восстановления и упрочнения изношенных поверхностей деталей включает снятие дефектного слоя, например, шлифованием, струйно-абразивную обработку для придания нужной степени шероховатости напыляемой поверхности и газопламенное напыление слоя покрытия требуемой толщины из материала, обеспечивающего требуемые свойства, определяемые чертежом. Для этого могут использоваться материалы в виде проволоки, порошков чистых металлов и сплавов, их механические смеси.

Для нанесения покрытий из шнуровых и проводочных материалов в 1992г. предприятием «ТЕНА» был разработан и изготовлен аппарат «ТЕНА-ГШ» и универсальный пульт управления газами, обеспечивающий требуемые режимы про-

цесса при работе аппарата-распылителя. Совместными усилиями ОХП «Институт сварки и защитных покрытий» и предприятием «ТЕНА» были разработаны технологии и оборудование для газопламенного напыления покрытий из проволок, шнуров типа «Сфекорд», порошков, а также газопорошковая наплавка, которые успешно используются как на предприятиях республики так и за ее пределами для упрочнения новых и вос-

становления изношенных деталей различного функционального назначения [24].

В 1996-2000 гг. в НИИ «Порошковой металлургии» нами разработана и внедрены технологии газопламенного напыления износостойких покрытий проволоками из Zn, Al и Cu технология газопламенного напыления проволочного алюминиевого покрытия аппаратом «ТЕНА-ГШ» для защиты от коррозии корпуса диффузионного аппарата Городейского и Слуцкого сахарных комбинатов, которая используется да настоящего времени. Ранее на предприятиях использовалась технология электродугового напыления покрытий. Пористость покрытий при этом составляла 8-13%. Использование технологии газопламенного напыления позволило снизить пористость покрытий до 1,5-2,5%, уменьшить толщину слоя, сократить время напыления и материальные затраты в два раза, при меньшей запыленности атмосферы. Были разработаны также технологии газопламенного напыления цинкового покрытия на закладные детали автовокзала «Московский», г. Минск, медного покрытия – на валы печатных машин и алюминиевого покрытия – на криволинейный брус отбойника дорожного полотна.

Напыление композиционного двухслойного покрытия «цинк – Полиамид-11» газопламенным напылением проволоки и порошка нами впервые было реализовано в 1996г. для защиты от абразивно-коррозионного износа внутренней поверхности кузовов – разбрасывателей солепесчаной смеси ПО «Белкоммунмаш» (г.Минск). Цинковый слой наносился из проволоки диаметром 2 мм аппаратом «ТЕНА-ГШ». На этот слой газопламенным аппаратом-распылителем «ТЕНА-П» наносился порошок Полиамид-11 - «Рильсан» (Франция) [25,26]. Опыт эксплуатации изделий с таким покрытием оказался положительным.

В 2000-2005 гг., на основании результатов исследований основных свойств и структурных особенностей исходных порошков и покрытий из самофлюсующегося никелевого сплава ПГ-10Н-01, были разработаны технологии газопламенное напыление износостойких покрытий на детали сельхозмашин (рис. 5).

Одна из них – высокоэффективная технология упрочнения рабочих поверхностей лап сеялок методом газопламенного напыления с последующим оплавлением ТВЧ внедрена в РУП «Лидагропромаш», где создан участок газопламенного напыления покрытий на такие детали, оснащенный необходимым оборудованием и аппаратурой. В резуль-

тате разработанный технологический процесс обеспечил такт выпуска детали с покрытием, равный 25-30 с, при толщине покрытия – 0,8-1,2 мм. В настоящее время с использованием вновь созданной технологии упрочнено более 5 тыс. шт. деталей, которые установлены на сеялки и прошли испытания в различных хозяйствах республики, в России, Казахстане и Алтае. Во всех случаях испытаний ресурс работы деталей увеличился более чем в 2-3 раза по сравнению с серийными деталями. Работа выполнялась в рамках ГНТП «Новые материалы и защита поверхностей», подпрограмма «Инженерия поверхности», задание №1. 30 (2001-2002 гг.). Данная технология была использована при разработке методов упрочнения таких деталей, как лемех и долото плуга, нож и противорежущая пластина кормоуборочного комбайна и т.п. [27].

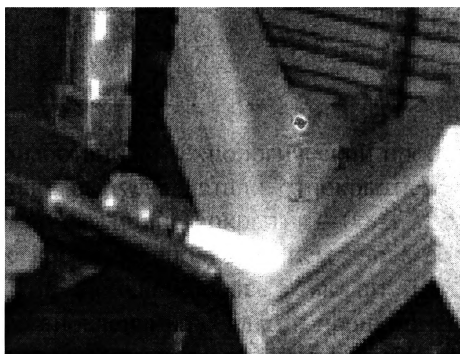


Рис. 5. Газопламенное напыление износостойких покрытий на детали сельхозмашин

В этот же период создается ряд технологий газопламенного напыления покрытий из шнуров «Sfecord». Одной из наиболее важных работ при этом следует отметить разработку технологии напыления износостойкого покрытия шнуром никелевого самофлюсующегося сплава Rok Dur - 47 с последующим оплавлением ТВЧ крупногабаритной детали – шкворня поворотного кулака большегрузного автомобиля БелАЗ.

Нанесения этого покрытия вместо твердого хрома увеличило срок службы деталей более чем в четыре раза. Другой процесс – напыления покрытия на винтовые плунжеры скважинных откачивающих нефтяных насосов шнуром никелевого самофлюсующегося сплава Rok Dur - 67, вместо хромирования, был реализован нами по контракту, успешно используется в Канаде до настоящего времени [28].

Для защиты от износа высоко нагруженных поверхностей трения насосов, в частности, уплотнений колеса центробежного насоса Бобруйского машиностроительного завода было использовано напыление покрытия шнуром Экзо-40 [29].

Данный процесс использовался и для восстановления крупногабаритных цилиндрических валов насосов станций вилейско-свислочской водной системы.

Новый метод – высокоскоростного газопламенного напыления аморфных и наноструктурных керамических покрытий был использован для напыления защитных покрытий из керамического шнура «Черный корунд» на шток компрессора ОАО «НАФТАН» и длинномерные детали печатных машин позволил увеличить ресурс деталей, по сравнению с хромовым покрытием в 3–5 раз (рис. 6) [30].

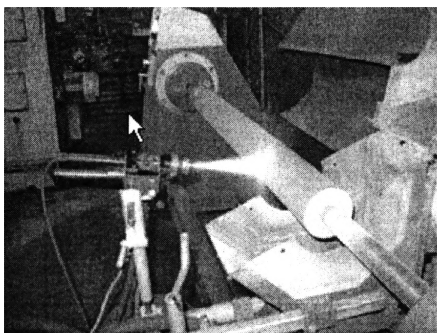


Рис. 6. Шток-компрессора ОАО «Нафтан» – покрытие «Черный корунд»

Опыт, полученный при создании проволочных и шнуровых покрытий, был использован нами при создании новых технологий газопламенного напыления покрытий из порошков.

Одним из примеров является нанесение покрытий методом высокоскоростного газопламенного напыления покрытий из никелевых самофлюсующихся сплавов на крестовины дифференциала (рис. 7), плунжеры трех плунжерного насоса (Франция) защитные втулки насосов, ролики прокатных станков, поршневые пальцы ДВС и т.п. [31].

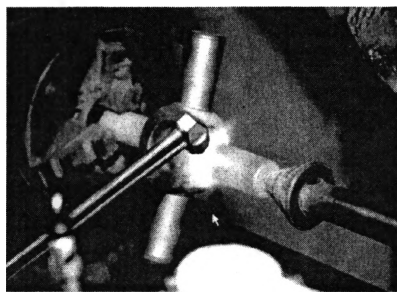


Рис. 7. Крестовина дифференциала

Снижение пористости в процессе напыления до 2,5–4,5%, позволило значительно увеличить износостойкость покрытий за счет формирования большего количества карбоборидных соединений в процессе их оплавления. Эксплуатационные испытания подтвердили высокую эффективность упрочнения защитных втулок насосов и прокат-

ных роликов металлургического производства газопламенным напылением многокомпонентными высокотвердыми самофлюсующимися сплавами с последующим оплавлением. Использование на ЗАО «Гидродинамика» стальных защитных втулок с газопламенным покрытием из самофлюсующегося сплава, позволило заменить ими спеченные из твердого сплава карбид вольфрама никель втулки, импортируемые из Украины, и снизить при этом затраты более чем в два раза. Срок службы прокатных роликов металлургического производства РУП «Белорусский металлургический завод», упрочненных газопламенным порошковым напылением покрытия из самофлюсующегося сплава увеличился в 2–2,5 раза [32].

Создание специальных механических смесей из порошков в сочетании с методом высокоскоростного напыления позволило разработать ряд технологических процессов напыления покрытий на быстроизнашивающиеся поверхности стальных и чугунных деталей узлов трения. Это коленчатые валы, тормозные валы прицепов, шестерни конечной передачи, винты компрессоров ротор электродвигателя погружного насоса [33]. Нами, например, разработана технология газопламенного напыления аппаратом ТЕНА-Ппм покрытий из многокомпонентной механической смеси порошков на коренные шейки чугунных коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания автомобилей ГАЗ-53. Для улучшения связи покрытия с подложкой наносился подслои связи из композиционного порошка никель алюминия. Стендовые и ходовые испытания показали удовлетворительный ресурс работы двигателей с упрочненными таким образом коленчатыми валами.

#### Литература

1. Анциферов В.Н., Бобров Г.В., Дружинин Л.К. и др. Порошковая металлургия и напыление покрытий. – М.: Металлургия, 1987. – 792 с.
2. Полонский Л.Г. Историко-технические аспекты развития газотермического напыления покрытий. – // Сб. докл. «5-я Международная конференция «П и П – 98». С.-Петербург, 1998 г., – С. 47–51.
3. Полонский Л.Г., Муковоз Ю.О., Клименко С.А. Развитие техники газотермического напыления покрытий и их механической обработки в Украине. // Труды МНТК, посв. 100 летию механико-машиностроительного и 50 летию сварочного факультетов 25–28 мая 1998 г. Киев, 1998. С. 315–318.

4. Манойло Е.Д. Повышение основных свойств газопламенных порошковых покрытий путем управления скоростью, температурой и тепло-содержанием частиц: Дис. к-та техн. наук: 05.16.06.– Минск, 2002 г.–168 с.
5. Norton, Rokide Ceramic, Spray Coatings. Norton Industrial Ceramics Division, Worcester, Massachusetts, Cat. N2768 CMX-12-79-B. Print. in USA.– 6 p.
6. The revolutionary new Metco Type N Metallizing System. Bulletin 183.
7. Идеальные покрытия. Metco, S.p.A., Italia, 1977.– 20 p.
8. Получение покрытий высокотемпературным распылением / Под ред. Л.К. Дружинина и В.В. Кудинова.– М.: Атомиздат, 1973.– 312 с.
9. Manuel d'utilisation Rotoloy. Procédé polyvalent Castolin + Eutectic // 1977 by Institute Castolin + Eutectic. Imprime en Suisse. 3476 – 1771 –300.– 16 p.
10. Промышленный каталог № 6384-86. The most advanced multi – process delivery system for applying new Meta Ceram wear resistant coatings. CastoDyn System 2000. Imprime en Suisse.
11. Противоизносные покрытия E + C “Tero Cote” наносимые «холодным» или «теплым» способом. Roto Tec 80 // Castolin +Eutectic. Castolin S.A. Case postale 1020. CH – 1001, Lousanne Suisse. 5308-0851-2000-XO.
12. CastoDyn DS 8000 Operating Manuel. Castolin S.A. 1991.– 26 p.
13. Type 5 P II Thermo Spray Gun. Instruction Manuel // Metco Inc. Westbury, L.I., N.Y. Cat. N5P 999. (Рекламный проспект).
14. Промышленные каталоги № 19393-85; 823-87. Metco one-step coatings for self-bonding metal build-ups. Bulletin 234A. Metco Inc., USA, 1976.– 7 p.
15. Type 6PII. Thermo Spray Gun. Instruction Manuel // Metco Inc. Westbury, L.I., Cat. N 6P999. (Рекламный проспект).
16. MTS. Metallizing Technology Systems. Новые границы в области покрытий напылением. А-2540. Bad Voelau, Flugfeldstr. 60. (Рекламн. просп).
17. Промышленный каталог № 9142-87. Mogul Metallizing // Могул. Порошки. Проволока. Д-5650. Solingeri 1.– 5 p.
18. J.B. Browning. And Now, Hypersonic Velocity Impact Fusion Spraying / PITSC. USA. 1992. – p. 123–125.
19. Манойло Е.Д., Сахнович В.Т., Дорожкин Н.Н. Установка для газопламенного напыления порошковых материалов УПТР-1–78 // Информ. листок № 36–1979:– Мн.: БелНИИНТИ.–1979.– 4 с.
20. А.с. 553537 СССР, МПК G 01 P 5/00. Устройство для измерения скорости потока частиц // Манойло Е.Д., Хилькевич Л.П., Шиманович В.Д., Шипай А.К. (СССР).–№ 2166268/10; Заявлено 22.08.75; Опубл 05.04.77, Бюл. №13 // Открытия. Изобретения.–1977.–№13.–С. 165.
21. Восстановление и упрочнение деталей технологического оборудования методами газопламенного напыления и наплавки. Механика и энергетика. Вып.1 (Составители: А.П. Волков, В.С. Ивашко, Е.Д. Манойло). Обзорная информация, ЦНИИТЭИ Легпром, М.– 1988. – 44 с.
22. Манойло Е.Д. Новейшая серия оборудования предприятия “ТЕНА” для газопламенного напыления // Технология судоремонта.–1992. – С. 27–30.
23. Ильющенко А.Ф., Манойло Е.Д., Толстяк Э.Н. Восстановление–упрочнение деталей машин газопламенным напылением многокомпонентных покрытий // Тяжелое машиностроение.– 1999.– №2.– С. 6–8.
24. Манойло Е.Д. Газопламенные покрытия из шнуровых композиционных материалов / 29–й межгосударств. семинар (24 апреля 1998, г. Минск) «Защитные покрытия и сварка». Сб. докл. Минск:1998.– С. 57–59.
25. А.Ф. Ильющенко, В.С. Ивашко, В.А. Оковитый, А.В. Беляев, Е.Д. Манойло, А.И. Шевцов. Разработка процессов нанесения газотермических покрытий в НИИ ПМ. / Сб. докладов 29-го межгосударственного семинара. «Защитные покрытия и сварка» г. Минск. 1998. – С. 31–36.
26. Гуцин В.И., Манойло Е.Д., Бучкин Ю.В. Газопламенное нанесение двухслойных покрытий металл-полимер для защиты от коррозии поверхностей крупногабаритных деталей. Композиционные материалы в промышленности. / Материалы международной конференции 3–5 марта 1998 г. (п. Славское, Львовской обл., ч.II). Славполиком – 98. Киев. – 1998г. – С.30-32.
27. Ильющенко А.Ф., Круглый В.В., Манойло Е.Д. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин газопламенным напылением покрытий. // Порошковая металлургия. – Вып. 27.– 2004.– С. 111–115.
28. А.Ф. Ильющенко, Е.Д. Манойло, Э.Н. Толстяк. Перспективы развития газопламенного напыления высококачественных покрытий // Тяжелое машиностроение.– 2000.– №2. – С. 14–17.
17. Витязь П.А., Ивашко В.С., Ильющен-

- ко А.Ф., Шевцов А.И., Манойло Е.Д. Теория и практика нанесения покрытий.– Минск: Беларуская навука, 1998.– 583 с.
29. Е. Д. Манойло, Л. В. Юрченко. Защита от интенсивного износа рабочих поверхностей уплотнений насосов высокоскоростным газопламенным напылением порошковых покрытий. 7-я международная НТК «Новые матер. и технологии: порошок. металлургия, композ. матер., защитные покрытия». Минск. Беларусь, 16–17 мая, 2006.–С. 293–294.
30. Г.Г. Горанский, Е.Д. Манойло, Г.П. Окатова. Эволюция структуры оксидной керамики при высокоскоростном газопламенном нанесении аморфных и наноструктурных керамических покрытий // Порошковая металлургия.– Вып. 29.–2006.– С.249–256.
31. Е.Д. Манойло. Восстановление и упрочнение плунжеров насосов газопламенным напылением защитные покрытия из самофлюсующихся никелевых сплавов // Порошковая металлургия.– Вып. 29.– 2006.– С. 257–262.
32. Манойло Е.Д. Упрочнение защитных втулок насосов и прокатных роликов металлургического производства газопламенным напылением. // Порошковая металлургия. – Вып. 25.– 2002.– С. 65–73.
33. Ильющенко А.Ф., Манойло Е.Д., Толстяк Э.Н., Федукевич Е.Л. Восстановление бочек роторов электродвигателей погружных насосов газопламенным напылением покрытий. // Порошковая металлургия. – Вып. 27.– 2004.– С. 101–107.

3–5 октября 2007 г. в г. Минске в Физико-техническом институте  
НАН Беларуси состоялась

## II Международная научно-техническая конференция «Современные методы и технологии создания и обработки материалов»,

посвященная Первому съезду ученых Беларуси

