

ГАЗОПЛАМЕННОЕ НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ ИЗ САМОФЛЮСУЮЩИХСЯ СПЛАВОВ — НОВЫЕ АСПЕКТЫ

Е. Д. Манойло, Ф.Е. Онащенко

Институт сварки и защитных покрытий

Важным вкладом в развитие технологий газопламенного порошкового нанесения покрытий явилось создание в 1945 г. фирмой «Wall Colmonoy Corporation» (США) самофлюсующихся сплавов, с процентным содержанием: Ni — 65...85, Cr — 8...18, В — 2...4 и Fe, Si — до 8...10 и температурой плавления около 1000 °С. Входящие в их состав флюсующие элементы — бор и кремний, в процессе формирования покрытия обеспечили защиту металлической поверхности от кислорода и получение прочных диффузионных связей между материалами покрытия и подложки. В дальнейшем самофлюсующиеся сплавы системы Ni — Cr — В — Si получили название сплавов типа «Колмоной». В настоящее время покрытия из самофлюсующихся сплавов широко применяются при защите деталей, работающих в различных условиях: граничного и сухого трения, абразивного и гидроабразивного износа, в агрессивных средах при низких, нормальных и повышенных температурах (до 750–850 °С) и т.п.

Для нанесения покрытий из порошков самофлюсующихся сплавов различными фирмами были созданы горелки для газопорошковой наплавки. Они работают, в основном, с использованием горючего газа — ацетилена, при его расходе — до 1000–1500 л/час. Наплавочные горелки имеют невысокую производительность и используются, как правило, в ремонтных мастерских. Даже самые мощные горелки типа Cool Tip фирмы Castolin (Швейцария) и ГН-5 (Россия), благодаря ряду ограничений и конструктивным особенностям, не могут обеспечить нанесение покрытий на детали массой более 5 кг.

Это явилось основной причиной создания двух стадийных процессов нанесения покрытий из самофлюсующихся сплавов, в которых операции напыления и оплавления выполняются отдельно. Так, в 1956 г. фирма «Metco Inc» (США) пред-

ставила на рынок один из первых процессов — Metco TSG и аппарат для его осуществления — Тип N, который позволил наносить покрытия из самофлюсующихся сплавов с последующим оплавлением отдельным источником нагрева. Благодаря достаточно простому управлению аппарат нашел широкое применение в промышленности. Процесс Metco TSG включал очистку напыляемой поверхности струйно-абразивной обработкой, подогрев ее до температуры около 100 °С или немного выше, нанесение покрытия требуемой толщины из выбранного самофлюсующегося сплава, его оплавление, путем нагрева до температуры 1050–1150 °С, например, пламенем сварочной горелки и медленное охлаждение [1].

Более широко информация о способах нанесения и областях применения покрытий из самофлюсующихся сплавов начала появляться в печати с начала 60-х годов прошлого столетия. В 1964 г. фирма Metco Inc. (США) создала новый процесс «ThermoSpray» и два аппарата для его осуществления: Metco 5P — для ручных и Metco 6P — для стационарных работ. Это позволило осуществить напыление плотных, прочных и износостойких, покрытий с широким диапазоном твердости (25–62 HRC) из порошков самофлюсующихся никелевых сплавов, типа «Колмоной» в две стадии. Данный процесс и аппараты значительно расширили технологические возможности метода газопламенного порошкового напыления покрытий, при этом оплавление напыленных покрытий является отдельной операцией и производится дополнительным источником энергии, например, специальной газопламенной горелкой, токи высокой частоты и т.п. [1].

В Республике Беларусь работы по созданию процессов газопламенного напыления покрытий ведутся с 1973 г., а в «Институте порошковой металлургии НАН Беларуси» — с 1982 г. К 1986 г.,

была разработана установка УПТР–83, использующая технические решения, защищенные авторскими свидетельствами [2, 3], которая позволяла наносить покрытия из порошков самофлюсующихся сплавов в две стадии — напыление с последующим оплавлением дополнительными источниками нагрева. В 1982–1987 гг. на предприятиях Минлегпрома РБ (Могилевском КШТ, Жлобинской ФИМ, Барановическом ПХБО, Витебском ковровом комбинате и др.) были созданы участки газопламенного напыления защитных покрытий для восстановления-упрочнения быстроизнашивающихся деталей технологического оборудования [4]. Этот период характеризуется активным развитием процессов газопламенного напыления покрытий. Например, фирма Castolin (Швейцария) в 1991 г. создала новый процесс и аппарат CastoDyn DS 8000 [5], который также позволяет наносить покрытия из самофлюсующихся сплавов в два приема — напыление с последующим оплавлением.

В 1991 г. научно-производственным предприятием ТЕНА был создан первый аппарат — ТЕНА-ГНпм повышенной мощности (рис. 1), который использовал при работе до 3 м³/час горючего газа, и позволил реализовать одностадийный непрерывный процесс, включающий подогрев, напыление и оплавление покрытий из порошков самофлюсующихся сплавов.

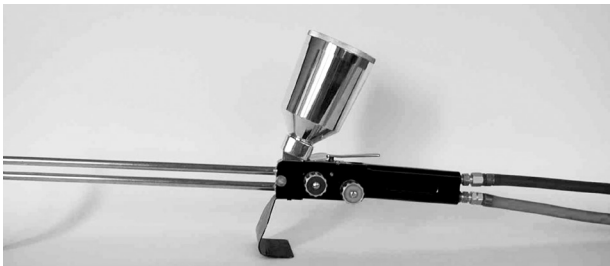


Рис. 1. Аппарат газопорошковой наплавки ТЕНА-ГНпм

Впервые аппарат ТЕНА-ГНпм был использован в 1998 г. в ОАО «Тверьстекло» г. Тверь (Россия) для ремонта деталей стеклоформирующей оснастки. Чугунные матрицы массой более 10 кг были отремонтированы одним аппаратом, позволившим производить предварительный подогрев, напыление покрытия самофлюсующимся никелевым сплавом и его оплавления, благодаря его достаточной мощности.

Опыт эксплуатации аппарата указал на возможность его более широкого использования. В 2006 г. была разработана технология восстановления рабочей поверхности плунжеров трехплунжерных насосов марки NJ 116 фирмы «PMH» (Франция) для ОАО «Нафтан». Ресурс работы плунжеров составлял около шести месяцев. Основной причиной износа плунжеров при этом является совместное воздействие коррозии и износа трением. Размеры плунжера: диаметр 55 мм, длина рабочей части — 180 мм, масса — 3600 г.

В соответствии с разработанным процессом, после струйно-абразивной обработки, деталь аппаратом ТЕНА-ГНпм предварительно подогрели, затем порошком самофлюсующегося никелевого сплава Т-Термо № 55 (Ni — основа, 15–17 % Cr, 2,9–3,8 % В, 3,9–4,5 % Si, 1,0–1,2 % С и 3,0–3,5 % Fe), производства ОАО «ГЦ «Техникорд»» (Россия) напыляли покрытие требуемой толщины, после чего производили оплавление. Температура оплавления покрытия — 1050–1100 °С. Твердость покрытия — 58–62 HRC [6].

Основные технологические режимы процесса нанесения покрытия следующие: давление кислорода — 6 МПа, горючего газа МАФ — 2 МПа; расход кислорода — 6000 л/ч, МАФа — 1800 л/ч. Время подогрева, напыления и оплавления покрытия — менее 5 мин. Расход порошкового материала — 150 г. Коэффициент использования порошка — 85 %. На рис. 2 представлен процесс нанесения покрытия, восстановленные и шлифованные плунжеры.



а



б



в

Рис. 2. Процесс нанесения покрытия:
а — напыленные и оплавленные; б — шлифованные; в — плунжеры

Новый метод нанесения упрочняющего покрытия при ремонте плунжеров насосов марки NJ 116 ВА позволил с успехом заменить покрытие из карбида хрома с 15 % Ni, нанесенное методом высокоскоростного газопламенного напыления [7].

Восстановленные и упрочненные плунжеры впервые были установлены в насосы марки NJ 116 ВА в январе месяце 2006 г. В результате эксплуатации в условиях ОАО «Нафтан» плунжеры обеспечили ресурс работы насосов, выше новых фирменных.

Процесс восстановления и упрочнения плунжеров используется до настоящего времени. Это позволило отказаться от импорта деталей и сэкономить более 100 тыс. евро.

Успешное применение процесса при восстановлении плунжеров ОАО «Нафтан» послужило основанием для его дальнейшего использования при ремонте плунжеров массой более 20 кг насосов SPM-2000 (ООО «ИВК ЭТАЛОН», Россия). В 2009 г. был разработан процесс восстановления изношенных поверхностей плунжеров SPM-2000 включал следующие операции: струйноабразивную обработку, подогрев до температуры около 200 °С, напыление слоя покрытия толщиной около 1 мм порошком самофлюсующегося никелевого сплава Т-Термо № 55 производства ОАО «ГЦ «Техникорд»» (Россия), и его оплавление аппаратом ТЕНА-ГНпм, без перерывов между операциями. На рис. 3 представлен процесс нанесения покрытия, восстановленные и шлифованные плунжеры.

Основные технологические режимы процесса нанесения покрытия следующие: давление: кислорода — 6 МПа, горючего газа МАФ — 2 МПа; расход: кислорода — 6000 л/ч, МАФа — 1800 л/ч. Время подогрева, напыления и оплавления покрытия — 20 мин. Расход порошкового материала — 1500 г. Коэффициент использования порошка — 85%. После шлифования, чистота восстановленной поверхности $Ra = 0,16$ мкм, соответствовала требованиям чертежа. Восстановленные детали переданы заказчику для эксплуатационных испытаний.

В 2012 г. разработана технология восстановления изношенных поверхностей рычагов газораспределительного механизма дизельных двигателей с использованием аппарата ТЕНА-ГНпм. Процесс включает: струйноабразивную обработку, подогрев до температуры 200–250 °С и газопламенное напыление слоя покрытия требуемой толщины порошком самофлюсующегося сплава Т-ТЕРМО № 55, его оплавление.

На рис. 4 представлены исходные детали с изношенными поверхностями, а на рис. 5 — после струйно-абразивной обработки.

Основные технологические режимы работы аппарата ТЕНА-ГНпм приведены в табл.

Время обработки одной детали – 5 сек. Расход порошкового материала – 5 г. Коэффициент использования порошка – 90 %.

На рис. 6 и 7 показан процесс нанесения покрытия и детали с напыленным покрытием.

Восстановленные детали были установлены на двигатели и обеспечили такой же срок службы, как и с новыми деталями.

Табл.

Материал покрытия	Расход порошка, г/мин	Давление и расход газов			
		давление, МПа		расход, л/ч	
Т-ТЕРМО № 55	60	кислород	МАФ	кислород	МАФ
		0,4	0,15	2400	1100



Рис. 3. Плунжеры насосов SPM-2000:

а — нанесение покрытия; б — восстановленные детали; в — обработанные шлифованием детали



Рис. 4. Изношенные детали

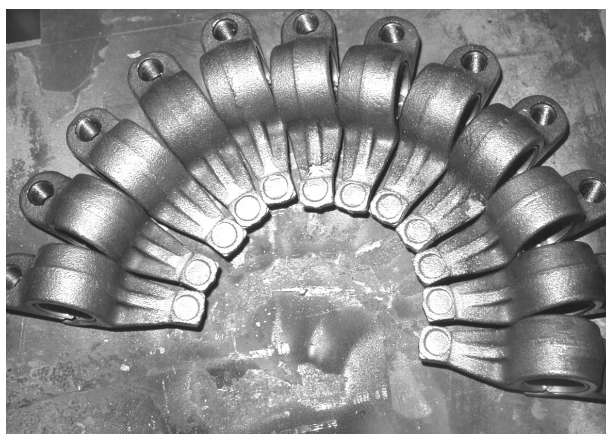


Рис. 5. Детали после САО

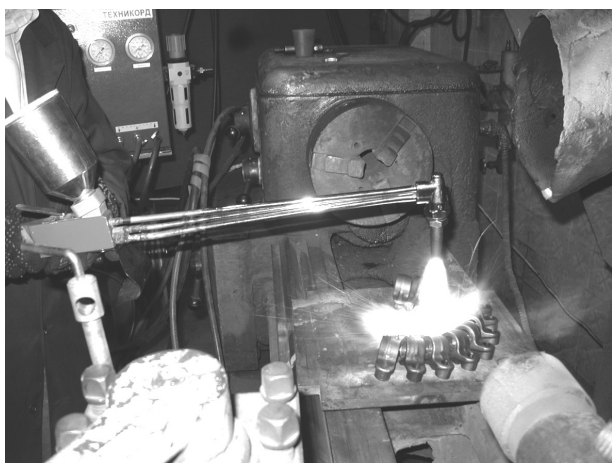


Рис. 6. Процесс нанесения порошкового покрытия



Рис. 7. Детали с покрытием

Анализ разработанных технологий позволяет сделать вывод о том, что для одностадийного нанесения покрытий из самофлюсующихся сплавов на де-

тали большой массы необходимо создание газопламенной аппаратуры, обеспечивающей возможность регулирования мощности в широких пределах.

Литература

1. Ingham H.S., Shepard A.P. Flame spray hand-book. Vol. II. Powder process. – Published by Metco Inc., Westbury, Long Island, New York, 1967. – 131 p.
2. Установка порошковая термораспылительная УПТР-83 / Е.Д. Манойло [и др.] // Научно-технические достижения. Вып. 4. — М.: ВИМИ, 1986. — С. 70–77. /ДСП/.
3. Съвременни газопламени инсталации за термично напластяване и перспективи за развитие / Е.Д. Манойло [и др.] // НРБ. — Машиностроене, 1986. — № 11. — С. 507–509.
4. Восстановление и упрочнение деталей технологического оборудования методами газопламенного напыления и наплавки. Механика и энергетика. Вып.1 / Сост. А.П. Волков, В.С. Ивашко, Е.Д. Манойло. Обзорная информация, ЦНИИТЭИ Легпром, М. — 1988. — 44 с.
5. CastoDyn DS 8000 Operating Manuel. Castolin S.A. 1991. — 26 p.
6. Манойло, Е.Д. Восстановление и упрочнение плунжеров насосов газопламенным напылением защитных покрытий из самофлюсующихся никелевых сплавов / Е.Д. Манойло // Порошковая металлургия. — Вып. 29. — 2006. — С. 257–262.
7. Манойло, Е.Д. Упрочнение и восстановление плунжеров насосов газопламенными методами напыления и наплавки / Е.Д. Манойло. // Сварка и родственные технологии. Материалы докладов международного симпозиума. 24 марта 2010 г. — Минск: Ковчег, 2010. — С. 137–143.