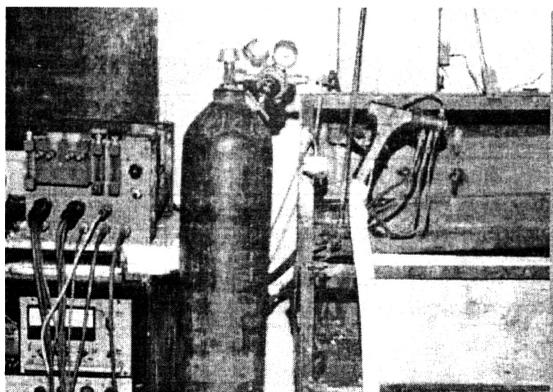


21. Darbyshire J., Barford J. Comments on //An investigation of secondary hardening of a 1% vanadium - 0,2% carbon steel. Acta Met. 1967. 15. № 4. p. 671-672.
22. Розенберг С.Э., Сусин А.А. Дефекты структуры диффузионноупрочнённых изделий. – Мн.: Беларуская навука. – 1997. – 224 с.
23. Блантер М.Е. Теория термической обработки. Учебник для вузов. М.: Металлургия. – 1984. – 328с.
24. A.Susin. A contribution to the problem of the reliability of high-loaded gear transmissions// 4<sup>th</sup> World Congress on Gearing and Power Transmission. March 1999;Paris. France, P. 234-238.
25. Проволоцкий А.Е., Першин Ю.И. Перспективные технологии изготовления изделий из хромомолибденовых сталей. Сб. трудов VI междунар. конф. Донецк, 1999. Т. 2. С. 293.

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ И УПРОЧНЯЮЩИХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ

*Голозубов А.Л., Мозырский государственный педагогический университет*

Оборудование для новых технологических процессов должно удовлетворять целому ряду требований, предъявляемых современным производством. На стадии конструкторской проработки установки закладывались решения, не требующие применения дорогостоящего оборудования и материалов. Компоновка деталей и узлов производилась с учетом обеспечения легкого доступа и возможности быстрой замены. Основное внимание уделялось максимально возможному использованию стандартных узлов и сборочных единиц, что значительно упростило изготовление оборудования и снизило его себестоимость. Разработка узлов и деталей оригинальной конструкции велась с учетом технологичности и минимизации отходов при изготовлении.



*Рис. 1 Общий вид установки для нанесения ТП из дуговой плазмы*

Установка относится к многоцелевому технологическому оборудованию для плазменной сварки

и плазмохимического нанесения покрытий. Стоит из плазмотрона, блока управления, источника питания дуги, газовых баллонов (рис.1). Плазмотрон (рис. 3) связан с блоком управления гибким шлангом длиной 1,5 - 3,0 м, что позволяет наносить покрытие на деталях сложной конфигурации и крупногабаритном оборудовании. Небольшие размеры и вес плазмотрона позволяют обрабатывать детали и поверхности в труднодоступных местах, при этом обеспечивается возможность нанесения покрытий на внутренние поверхности сквозных отверстий малого диаметра.

В процессе экспериментальных исследований апробировались различные варианты конструкций электродуговых плазмотронов для нанесения тонкопленочных покрытий (ТП). По результатам экспериментов был разработан электродуговой плазмотрон для плазмохимических реакций [1] (рис. 2). Плазмотрон состоит из корпуса 1, внутри которого расположен водоохлаждаемый анод 2 и электронейтральная вставка 3, изолированная от корпуса и анода.

К корпусу через изолирующую втулку 4, присоединено вспомогательное сопло 5, изолированное от вставки 3. На нем с помощью резьбы укреплен вихревая камера 6 с водоохлаждаемым торцевым катодом 7. Для предотвращения электрического пробоя между цилиндрической частью катода 7 и вспомогательным водоохлаждаемым соплом 5 в кольцевом промежутке между ними установлена изолирующая втулка 8. Значительно упростить конструкцию устройства для генерации плазмы позволило использование в качестве катодного узла серийного плазмотрона для сварки УПНС-301. Катодный узел плазмо-

трона используется для возбуждения дежурной дуги с последующим зажиганием и стабилизацией основной сжатой электрической дуги, горящей между катодом плазмотрона и его анодом в потоке аргона. Сформированная в дуговом канале плазмотрона реакционная плазма имеет достаточные характеристики (температура, время существования) для пиролиза реагентов. Образование покрытия осуществляется за счет осаждения продуктов плазмохимической реакции из плазменной струи, выдуваемой через сопло, при ее контакте с подложкой.

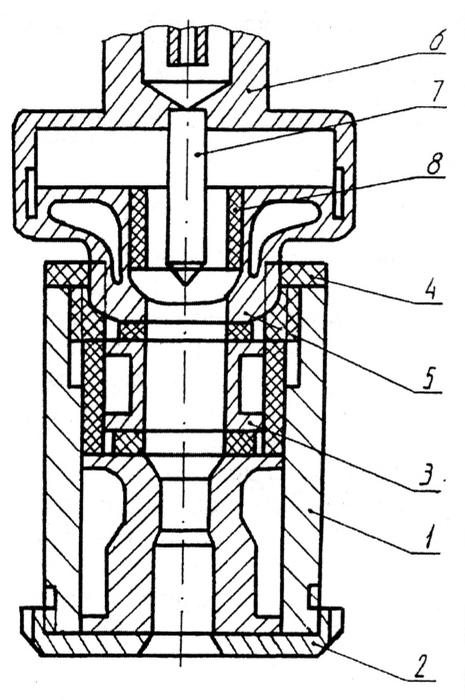


Рис. 2. Плазмотрон для плазмохимического нанесения покрытий: 1 — корпус, 2 — водоохлаждаемый анод, 3 — электронейтральная вставка, 4 — изолирующая втулка. 5 — вспомогательное сопло, 6 — вихревая камера, 7 — водоохлаждаемый торцевой катод, 8 — изолирующая втулка

Перед зажиганием дуги в плазмотрон подается охлаждающая вода и плазмообразующий газ. Напряжение холостого хода источника питания прикладывается между катодом и анодами дежурной и основной дуги. С помощью осциллятора, вырабатывающего высоковольтный электрический разряд, пробивается дуговой промежуток между электродом (катодом) и анодом дежурной дуги плазмотрона, в результате чего возбуждается дежурная дуга. Возбуждение основной дуги происходит после замыкания промежутка между катодом плазмотрона и анодом плазмотрона факелом выдуваемой дежурной дуги. Способ подачи реагентов в зону реакционной плазмы был обусловлен свойствами кремнийорганических соединений,

которые отличаются высокой летучестью - насыщение парами потока транспортирующего газа (аргона). Этот процесс происходит в специальном дозирующем устройстве (питателе).

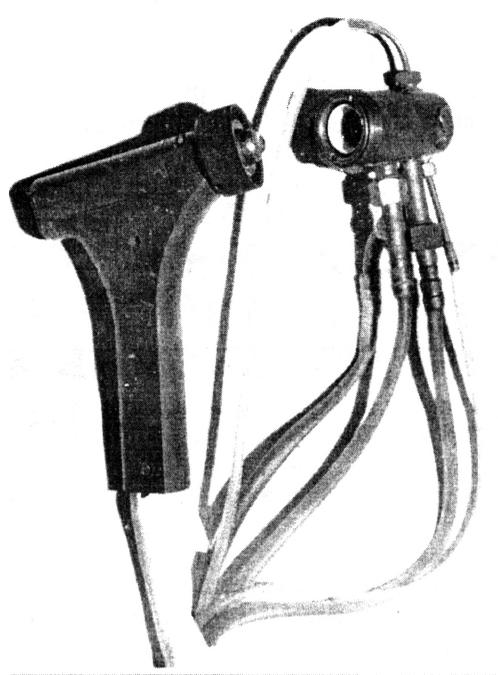


Рис. 3. Плазмотрон электродуговой

Регулирование расхода плазмообразующего и транспортирующего газов дает возможность варьирования в широких пределах основными параметрами процесса — температурой и временем существования реакционной плазмы, концентрацией реагентов в плазменной струе. Основные параметры установки приведены в табл. 1.

Блок управления состоит из питателя, обеспечивающего подачу реагентов и защитного газа в заданных пропорциях, ротаметров, газовых и водяных коммуникаций, осциллятора, токоподводов (рис. 4).

Таблица 1. Основные параметры установки

Наименование параметра	Значение
Используемый ток	Постоянный
Номинальный ток, А	120
Пределы регулирования тока, А	50-150
Система охлаждения	Водяная
Номинальное давление воды в системе охлаждения, МПа	0,2-0,3
Расход воды, л/час:	600-800
Используемый газ	Аргон
Расход газа, л/час	40-100
Номинальная мощность дуги, кВт	4-6
Масса, кг	20

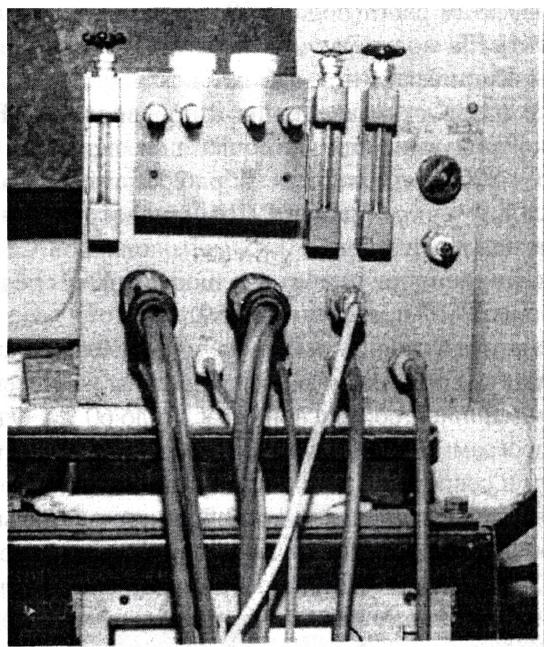


Рис. 4. Блок управления установкой

Исходя из условий генерации плазмы и учитывая необходимость электрического управления током дуги в качестве источника питания был использован серийно выпускаемый универсальный выпрямитель для дуговой сварки ВДУ-506. Для осцилляции дежурной дуги применялся блок поджига дуги БП-80-УХЛ-4. В качестве регуляторов-измерителей расходами газов использовались ротаметры с местными показаниями типа РМ. Система водяных и газовых коммуникаций выполнена из полихлорвиниловых трубок.

Опытный образец установки для нанесения плазмохимических покрытий и технологический процесс внедрены в условиях реального производства на базе открытого акционерного общества «Мозырский нефтеперерабатывающий завод».

Установка для нанесения тонкопленочных покрытий используется в условиях ремонтно-механического производства для защиты от коррозии валов центробежных насосов типа НК и позволяет получать защитные тонкопленочные покрытия

с коррозионной стойкостью, соответствующей техническим условиям, увеличивающей в 2–3 раза эксплуатационную работоспособность изделий.

Производственные испытания на протяжении 2002–2005 гг. показали: опытный образец установки для нанесения плазмохимических покрытий работает успешно, без отказов, что позволило решить важную производственную проблему — повышение срока службы деталей насосно-компрессорного оборудования.

Результаты производственных испытаний выявили, что для повышения устойчивости работы оборудования целесообразна разработка системы автоматизированного контроля за технологическим процессом нанесения тонкопленочных покрытий, для чего необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать алгоритм работы системы автоматизированного контроля за технологическим процессом нанесения тонкопленочных покрытий
2. Разработать системы контроля за охлаждением плазмотрона и давлением плазмообразующего газа.
3. Разработать систему контроля за током дуги.
4. Разработать системы аварийного останова установки.

Решение перечисленного комплекса задач даст возможность вплотную подойти к решению проблемы создания промышленного образца установки, отвечающего требованиям современного производства.

#### Литература

1. Пат. 2306 С1 ВУ, МКИ<sup>6</sup> Н 05Н 1/26. Плазмотрон для плазмохимического нанесения покрытий / А.Л. Голозубов., Э.М. Пархимович, О.В. Иванина, А.Р. Андреев. (РБ) -№ 950023; Заявл. 10.01.1995; Опубл. 16.03.1998 // Афіцыйны бюлетэнь / Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь. – 1998. – №3. – С.222.
2. Голозубов А.Л. Автоматизация процесса нанесения упрочняющих тонкопленочных покрытий из дуговой плазмы. Материалы 7-ой междунар. практ. конф.-выставки «Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки» С.-Пб., РФ, 2005 г. С. 260–269.

## ПОДПРОГРАММА «ТЕХНОЛОГИИ». ИТОГИ ПЯТИ ЛЕТ (2001 – 2005 гг.)

Астапчик С.А., Замыслов А.С.

В 2005 году завершился цикл работ по «Государственной программе «Машиностроение», подпрограммы «Технологии». Подпрограмма «Технологии» государственной научно-технической про-

граммы «Машиностроение» утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 8 января 2004 г. №5. С 2001 по 2003 год выполнялась как государственная научно-техническая про-