

Универсальная вакуумная установка нанесения нанокомпозитных покрытий

QUADRA 900

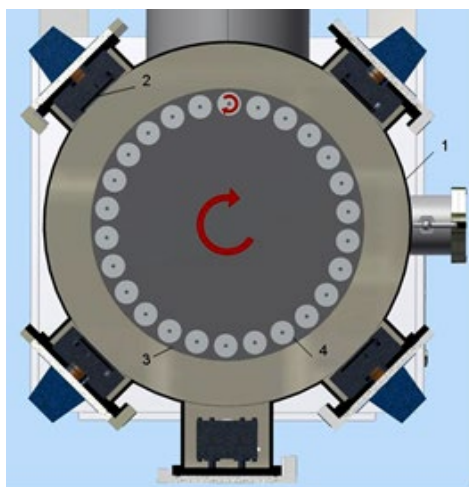


- ❑ Промышленное нанесение традиционных и наноструктурированных покрытий в высокоионизированной замагниченной плазме с использованием нового уникального метода - квадрупольного магнетронного распыления.
- ❑ Получение multifunctional многофазных нанокомпозитных покрытий, обладающих экстраординарными свойствами и характеристиками в широком спектре применений - упрочнение, защита от коррозии и износа, снижение трения (трибология), «антисхватывание и др.
- ❑ Производство высокоэффективных упрочняющих покрытий для всего спектра режущего и формообразующего инструмента (фрезы, сверла, протяжки, сменные пластины, метчики, матрицы, пуансоны, штампы, литейные формы, и др.).

Квадрупольное магнетронное распыление – новый высокоэффективный метод получения нанокompозитных покрытий

До настоящего времени получение **нанокompозитных покрытий** методом магнетронного распыления осуществлялось при помощи дуальных систем несбалансированных магнетронов – **дуальных НМРС**. Развитие этого направления, проводимое в НПФ «Элан-Практик» с 2006 года, привело к появлению нового, более эффективного метода получения наноструктурированных покрытий названного методом **квадрупольного магнетронного распыления**.

Одна из технических реализаций этого метода, осуществленная в установке QUADRA 900



В отличие от дуальной НМРС магнетроны квадратной системы равномерно разнесены вокруг карусельного устройства. Это обеспечивает в процессе нанесения покрытия существенно более высокую однородность плазмы по всей траектории движения изделий-подложек и практически исключает наличие «теневых» зон с низкой степенью ионизации и малой плотностью потока металлических атомов.

Кроме того, за счет определенной магнитной конфигурации и особого режима синхронизации работы магнетронов, квадратная система генерирует пульсирующую замагниченную плазму с более высокой, чем в разряде дуальной НМРС, степенью ионизации. Повышенная степень ионизации благоприятствует осуществлению фазовой нано-сегрегации при синтезе нанокompозитных покрытий.

Все это приводит к получению наноструктурированных покрытий с уникальными свойствами и характеристиками, которые недостижимы при использовании предшествующих методов магнетронного распыления.

Существенным преимуществом квадратной системы по сравнению с дуальной НМРС является также двукратное увеличение числа магнетронов, что удваивает возможное количество фаз в покрытиях и позволяет получать многокомпонентные **высокоэнтропийные покрытия** состоящие из 5 и более стабильных твердых фаз. Высокоэнтропийные покрытия представляют собой передовой класс материалов, способных значительно продлить срок службы ответственных узлов машин и металлообрабатывающего инструмента.

Это обстоятельство значительно расширяет возможности установки по нанесению новых перспективных нанокompозитных покрытий с уникальными свойствами.

Комплектация и технические характеристики установки **QUADRA 900**

№ п/п	Наименование оборудования	Технические характеристики	Кол-во, шт.
1	Вакуумная установка нанесения многофункциональных нанокompозитных покрытий QUADRA 900 , включающая:	Потребляемая мощность: - в режиме откачки, не более, кВт 10; - в режиме нанесения покрытий, не более, кВт 70. Расход водопроводной воды: - в режиме откачки, не более, м³/час 0,4; - в режиме нанесения покрытий, не более, м³/час 1,5.	
1.1	Вакуумный откачной пост.	Вакуумный откачной пост включает: - вакуумную камеру размером (диаметр/высота), мм 900/900; - высоковакуумный диффузионный насос с быстротой действия при давлении 0,01 Па не менее, л/с 10000; - форвакуумный агрегат с быстротой действия при давлении 26 Па, не менее, л/с 150; - вакуумную запорную арматуру с пневмоприводом; - пневмораспределители и систему подготовки сжатого воздуха; - систему охлаждения вакуумного и технологического оборудования, оснащенную блокировками по минимально допустимым расходам теплоносителя; - комплект вакууметров типа Пирани; Время достижения в камере давления 6×10^{-3} Па с начала откачки, мин, не более 30. Натекание воздуха после откачки камеры в течение 30 мин, нсм³/мин, не более 0,3. Размер дверного проема для вноса-выноса вакуумного откачного поста, м: высота – 2,2; ширина – 1.	1
1.2	Квадрупольная распылительная система несбалансированных магнетронов.	Количество магнетронов, шт. 4. Размеры катода-мишени, мм 737×74×6 Возможность работы магнетронов в квадрупольном, дуальном и автономном режимах.	1

1.3	Система электропитания квадрупольной распылительной системы несбалансированных магнетронов.	Выходная мощность, кВт 4×18. Выходной ток по каждому магнетрону, А 1-20. Режим работы: импульсный. Частота импульсов, кГц 0,1-40. Системы стабилизации выходных параметров и система дугогашения. Возможность работы в квадрупольном, дуальном и автономном режимах.	1
1.4	Система напуска технологических газов на базе измерителей-регуляторов расхода.	Тип измерителей-регуляторов расхода: РРГ-10. Количество независимых каналов, шт. 3. Максимальное отклонение расхода газа, % 1. ПИД регулирование расхода газа по показаниям датчика давления. Максимальное отклонение давления в камере, %, не более 5.	1
1.5	Карусельное устройство.	Планетарное вращение сателлитов - вокруг центральной оси карусели и вокруг своей оси. Диаметр орбиты по осям сателлитов, мм 480. Количество сателлитов, не менее, шт. 18. Высота «эффективной» зоны покрытий, мм 450.	1
1.6	Блок питания потенциала смещения.	Импульсный режим питания потенциала смещения, частота, кГц 0,1-50. Системы стабилизации выходных параметров и система дугогашения. Потенциал смещения, подаваемый на карусель, В 20 – 800. Постоянный ток смещения при $U_{\text{вых}}=800$ В, не более, А 12,5; при $U_{\text{вых}} \leq 150$ В, не более, А 20. Максимальный импульсный выходной ток, не более, А 80	1
1.7	Стойка управления.	Автоматизированная система управления технологическим процессом нанесения покрытий на базе промышленного программируемого контроллера, включающего: - управляющий контроллер нижнего уровня с платами ввода-вывода; - персональный компьютер верхнего уровня; - программное обеспечение контроллера.	1
1.8	Пакет технологических программ нанесения упрочняющих и функциональных покрытий (в качестве примера).	Программы технологических процессов нанесения следующих типов покрытий: - упрочняющие наноструктурированные покрытия режущего инструмента AlTiN, AlCrN, AlSiTiN, AlSiCrN; - защитные коррозионно- эрозионностойкие покрытия на основе наноструктурированных интерметаллидных систем TiAl, TiAlSi, CrAl, CrAlSi, TiCrAl, TiCrAlSi	1

1.9	Техническая и технологическая документация.	- паспорт; - руководство по эксплуатации установки; - руководство пользователя по программному обеспечению системы управления; - руководства пользователя на комплектующие (форвакуумный агрегат, диффузионный насос, вакуумметры Пирани, регуляторы расхода газа и др.)	1
-----	---	--	---

Технологические характеристики вакуумной установки QUADRA 900

1. Загрузки вакуумной камеры для типового режущего инструмента.

Инструмент	Загрузка*, шт.
Осевой инструмент $D \leq 30$ мм:	
H=60 мм	270
H=110 мм	162 (378)**
H=200 мм	108
Червячные фрезы: $\varnothing 80 \times 120$ мм	18
$\varnothing 60 \times 100$ мм	54
Твердосплавные пластины (ТСП): 20×20×6 мм	720

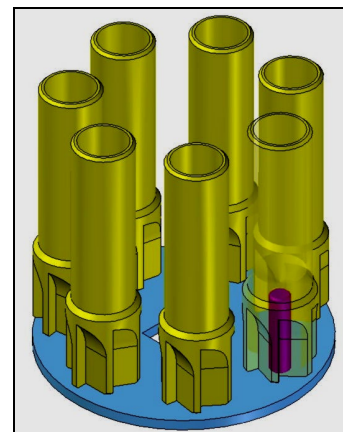


Рис.2. Конструкция столика-сателита для трех вращений.

* Загрузки приведены для карусельного устройства, имеющего 18 узлов вращения.

** В скобках, в качестве примера, приведена загрузка камеры для сверл $\varnothing 14 \times 120$ мм, обеспечиваемая при использовании специальной оснастки, показанной на рис.2. Оснастка вместе с дополнительным карусельным устройством может быть поставлена по отдельному заказу.

2. Длительность типовых операций технологического цикла нанесения упрочняющих покрытий толщиной 3 мкм.

Типовой технологический процесс	Откачка с прогревом камеры, мин	Ионная очистка, мин	Нанесение покрытия, мин	Остывание, мин	Общее время цикла, мин
Упрочнение осевого инструмента	40	10 (15)*	120 (180)*	20 (30)*	190 (265)*
Упрочнение червячных фрез	40	15	180	25	260
Упрочнение ТСП	40	10	120	20	190

* В скобках, приведены времена операций на увеличенных загрузках, обеспечиваемых при использовании специальной оснастки, показанной на рис.2.

3. Технологические программы нанесения упрочняющих покрытий

Установка	Традиционные покрытия	3D-наноккомпозиты
QUADRA 900	TiN, CrN, TiCN	AlCrN-ns, nc-TiN/nc-AlN, nc-TiAlN/a-Si ₃ N ₄ , nc-CrAlN/a-Si ₃ N ₄ , nc-TiN/a-CN _x nc-TiC/a-C:H

Таблица 1. Свойства и характеристики упрочняющих покрытий
 НПФ «Элан-Практик»

Покрытия		H, ГПа	E*, ГПа	$H^3/(E^*)^2$, ГПа	W _e , %	T _c , °C	μ
Традиционные покрытия	TiN	29	338	0,213	57	600	0,70
	CrN	23	266	0,172	68	700	0,50
	TiCN	31	315	0,300	69	400	0,40
	TiAlN	31	609	0,080	65	700	0,70
3D нанокомпозиты	AlCrN-ns	35	281	0,543	74	1150	0,25
	nc-TiN/nc-AlN	36	294	0,540	72	900	0,60
	nc-TiAlN/a-Si ₃ N ₄	40	284	0,793	80	1200	0,50
	nc-CrAlN/a-Si ₃ N ₄	34	256	0,600	76	1100	0,35
	nc-TiN/a-CN _x	45	314	0,924	85	650	0,30
	nc-TiC/a-C:H	10	61	0,269	87	400	0,05

Обозначения:

H – твердость;

 $E^* = E/(1-\nu^2)$ – приведенный модуль упругости (где, E-модуль Юнга, ν - коэффициент Пуассона);

 W_e – упругое восстановление;

 $H^3/(E^*)^2$ – стойкость к пластической деформации («вязкость»);

 T_c – термостойкость в среде атмосферного воздуха;

μ – коэффициент трения скольжения (по стали).