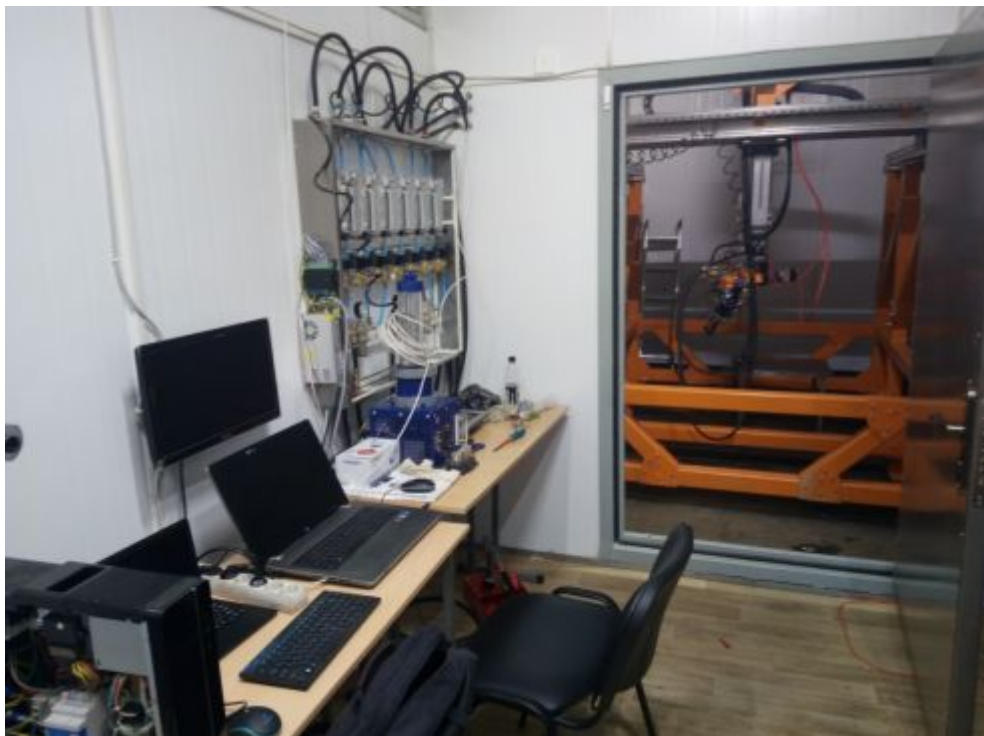




**Мобильный комплекс детонационного
нанесения композиционных материалов
на поверхности изделий работающих в
экстремальных условиях**

(оборудование, эффективность, применение)

ИННОВАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КУМУЛЯТИВНО-ДЕТОНАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ



Назначение

Формирование на поверхности изделий высококачественных, покрытий из микро нано композиционных материалов.

Принцип

- Детонационное сгорание (ДС) горючей смеси (ГС).
- Кумулирование энергии от сгорания ГС в камерах многокамерного детонационного устройства (MCDS).
- Синхронизация ввода дозы порошка и ДС.

Преимущество

- Использование стандартных порошковых питателей.
- Автоматизированное управление технологией.
- Непрерывная подача и смешивание газов.
- Газодинамическое дозирование порошка.
- Дистанционная подача порошка газом.

ИННОВАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КУМУЛЯТИВНО-ДЕТОНАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ



Автоматизированный блок управления с программным обеспечением процесса



Порошковый питатель



Многокамерное детонационное устройство

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Технология позволяет наносить покрытия толщиной да 0,3 – 1 мм из смеси порошков металлов, сплавов, металлокерамики, оксидной и бескислородной керамики.

Покрытия наносятся на поверхности изделий, которые изготовлены из углеродных композиционных материалов, металлических сплавов, титана, алюминия и керамики.

Формируются нано-композиционные материалы покрытия.

Используется горючий газ: метан, пропан+бутан и др.

Расход 4-8 м³ горючей смеси на 1 кг материала покрытия.

Скорость порошкового материала >1200 м/сек.

Частота импульсов при нанесении покрытий, 20...30 Hz.

Коэффициент использования материалов (DE):

по металлам до 90%,
металлокерамике до 80%,
керамики до 70%.

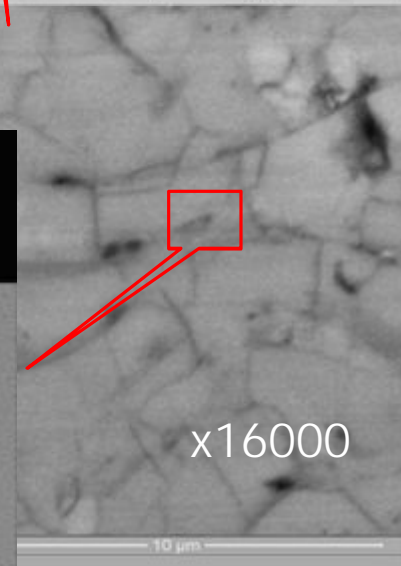
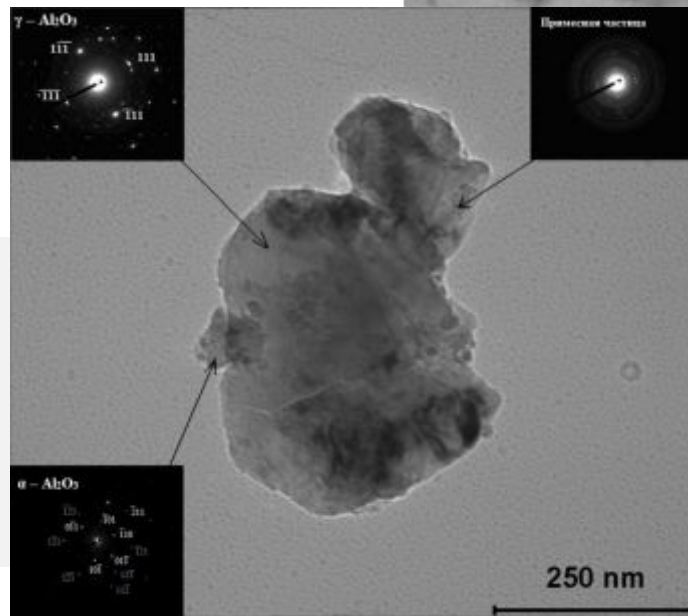
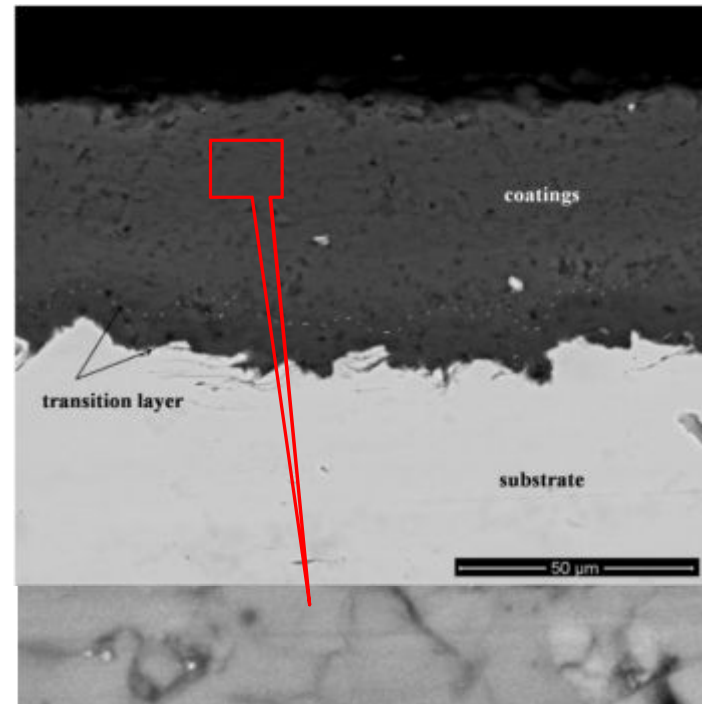
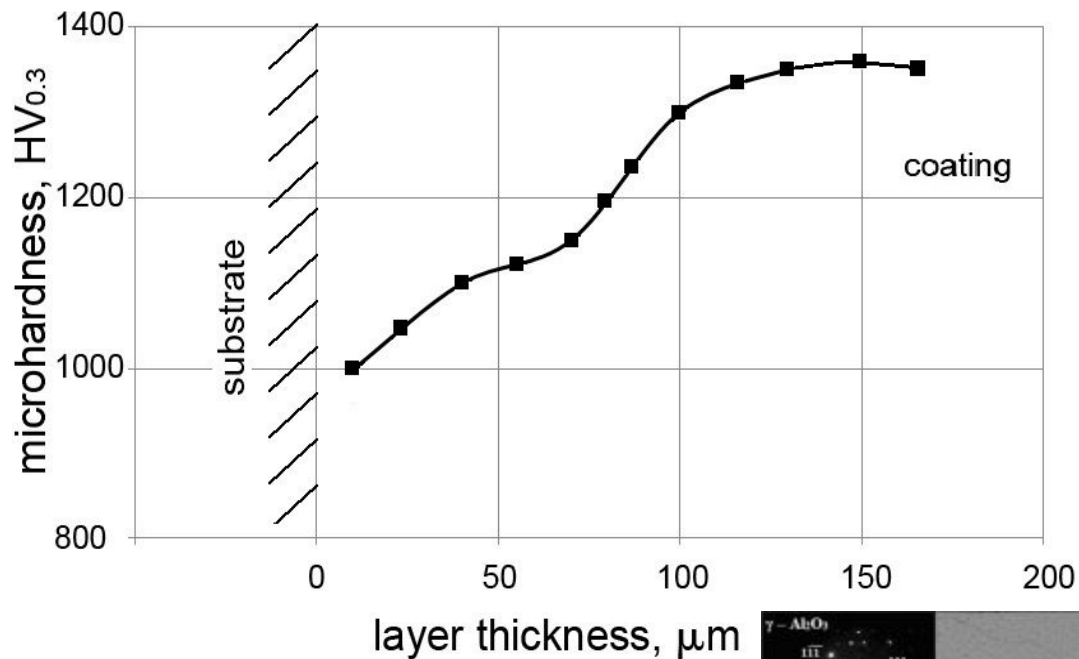
Пористость материалов покрытия:

металлических < 0,3%,
металлокерамики < 0,5%,
керамики < 0,3%.

Производительность формирования покрытий:

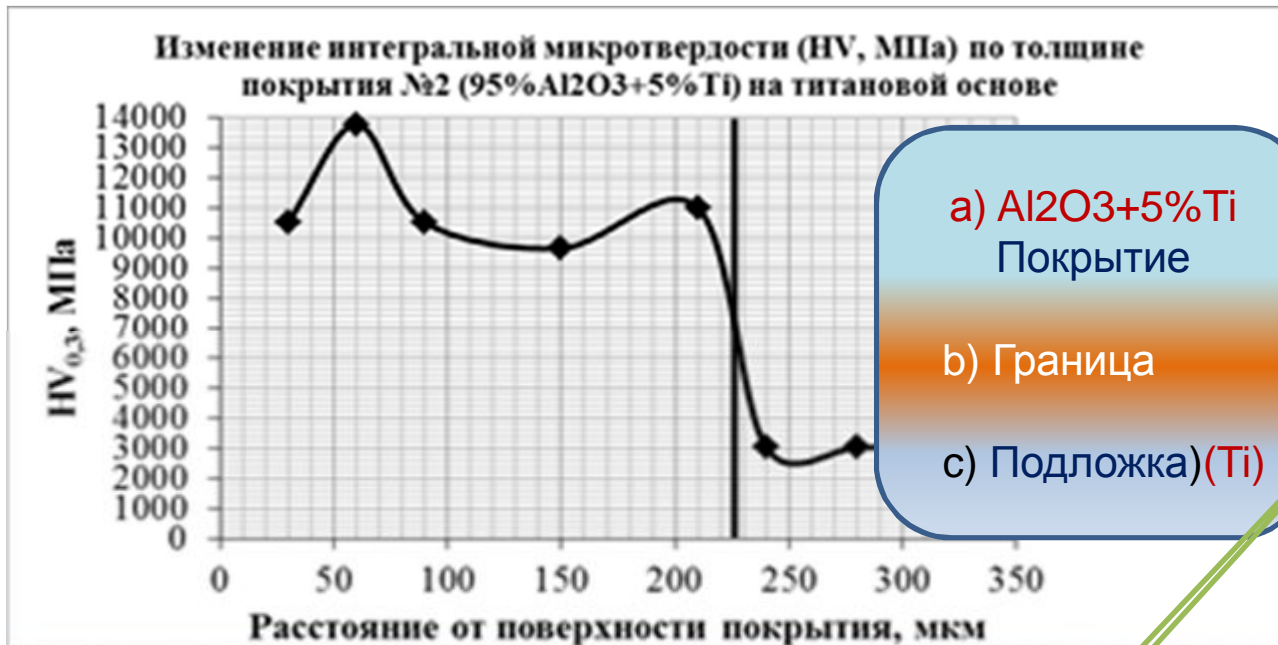
металлических до 4 кг/час,
металлокерамики до 3 кг/час,
керамики до 1 кг/час.

СТРУКТУРА ПОКРЫТИЯ - Al₂O₃



MCDS с длиной сопла 500 мм обеспечило формирование плотного керамического слоя твердостью 1320 × 25 HV_{0.3} и пористостью ниже 1%.

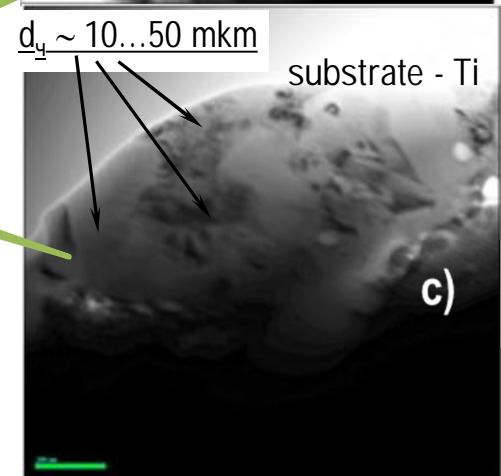
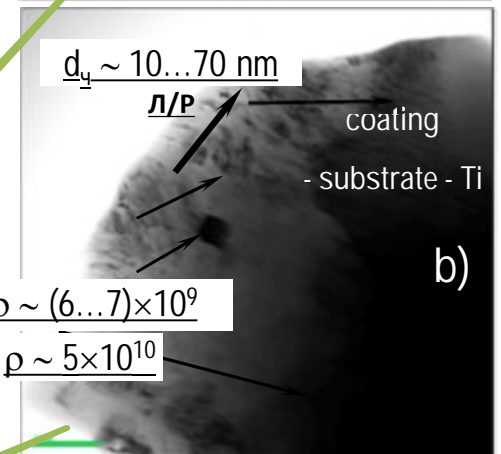
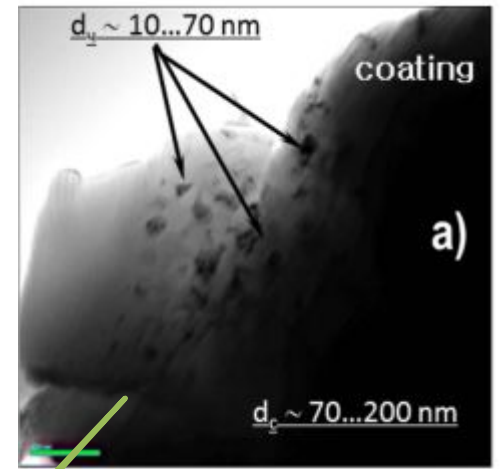
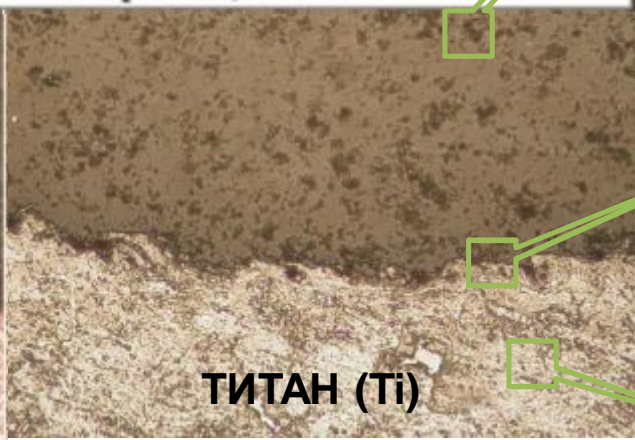
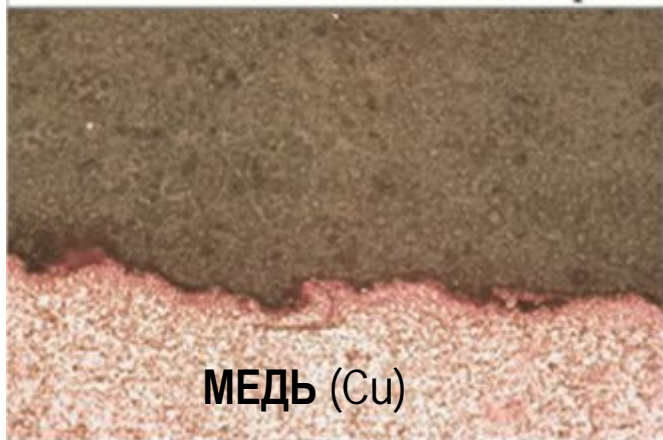
СТРУКТУРА ПОКРЫТИЯ Al₂O₃+5%Ti



a) Al₂O₃+5%Ti
Покрытие

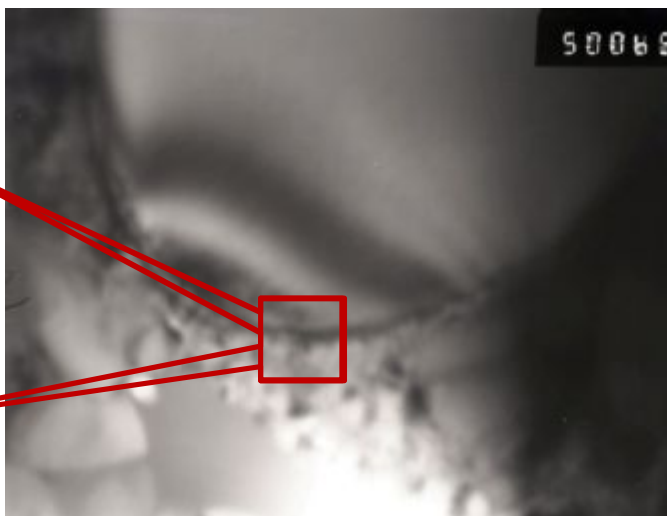
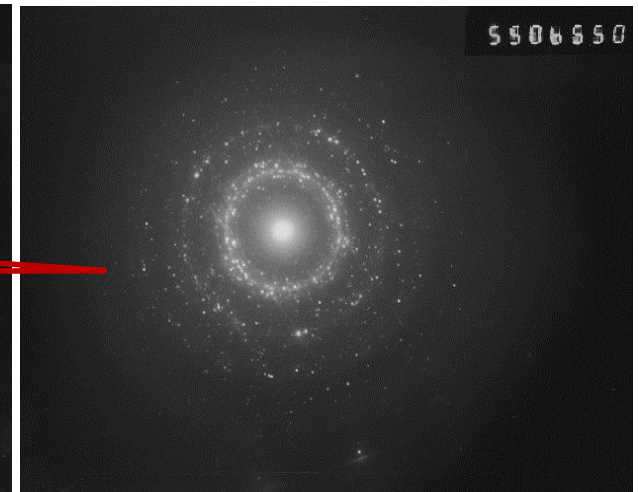
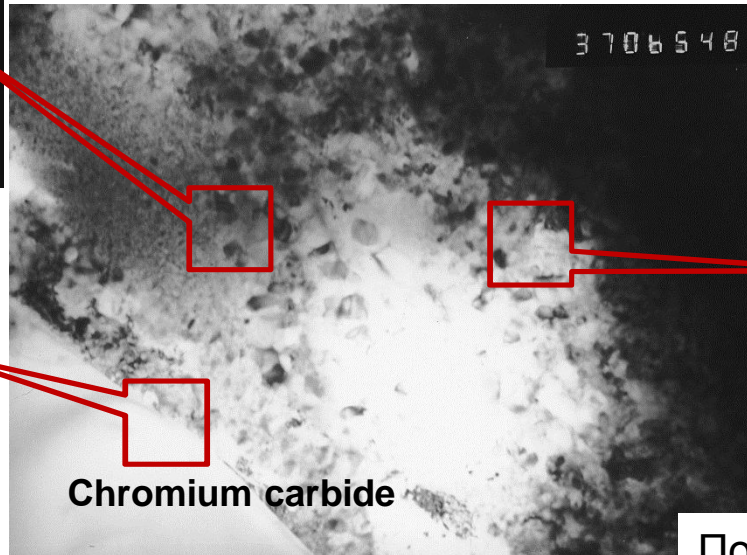
b) Граница

c) Подложка)(Ti)



- a) покрытие на глубине $\delta \sim 10$ микрон (x52000).
- b) граница покрытие – подложка (x70000).
- c) анализ Ti-подложки (x70000).

СТРУКТУРА ПОКРЫТИЯ Cr₃C₂-NiCr



Получены вторичные карбиды с наноразмером ~47,5 нм.

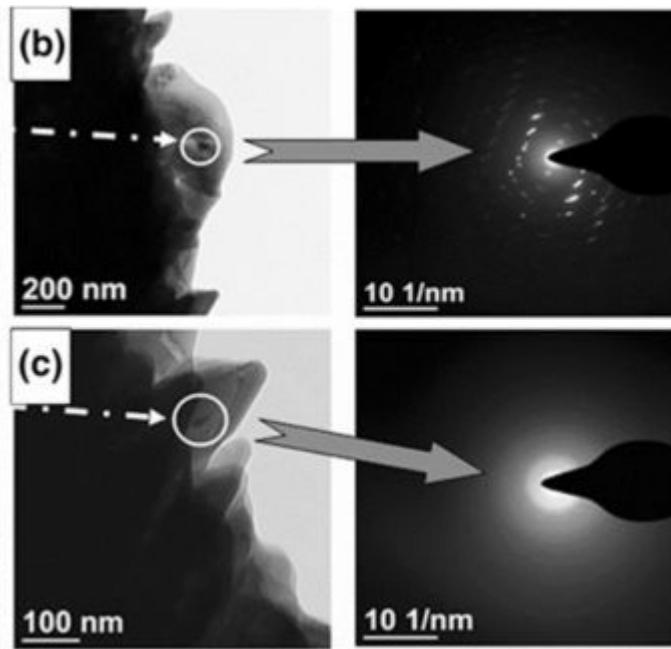
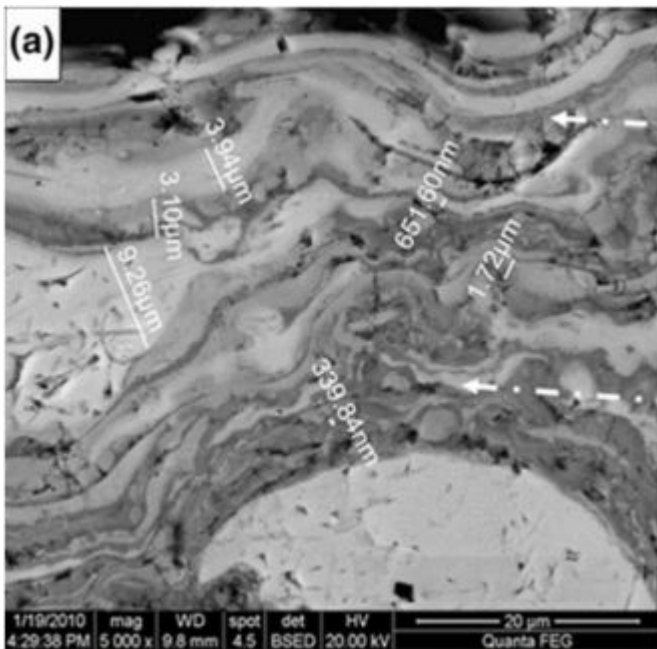
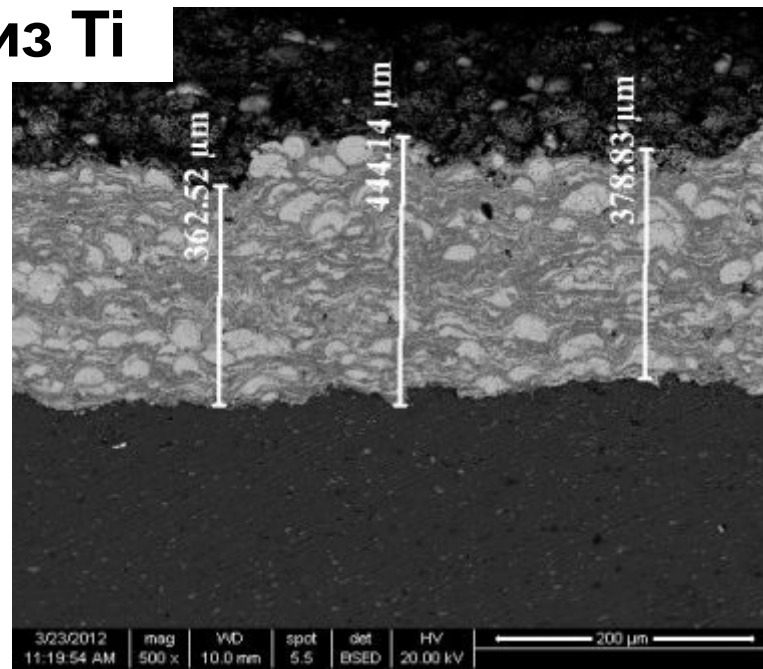
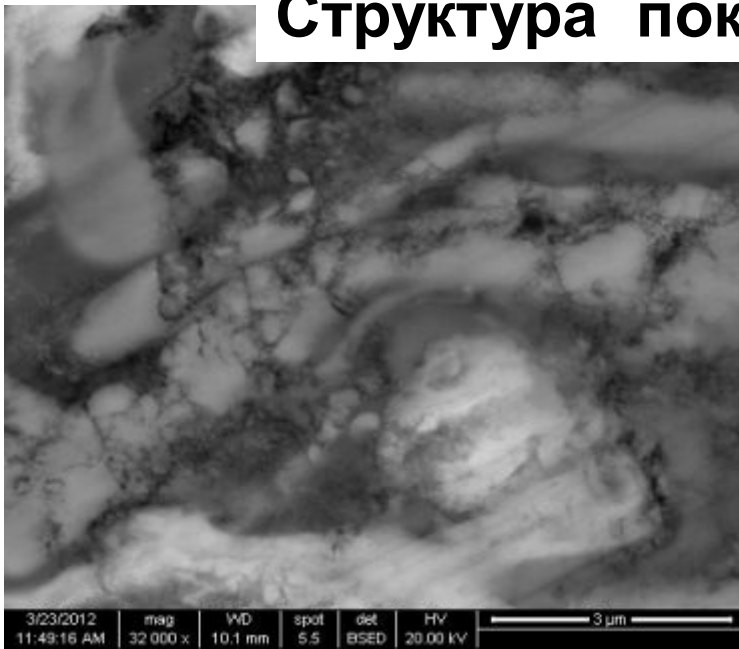
Расстояние между границами вторичных карбидов <190 нм.

Плотность дислокаций, см⁻² :

матрица NiCr	- 2×10^{10} ,
граница ламелей	- 4×10^{10} ,
граница карбид -Cr ₃ C ₂	- 6×10^{10} .

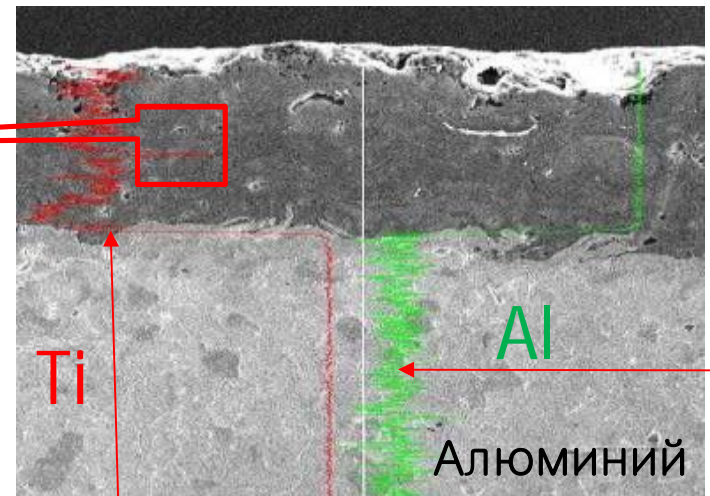
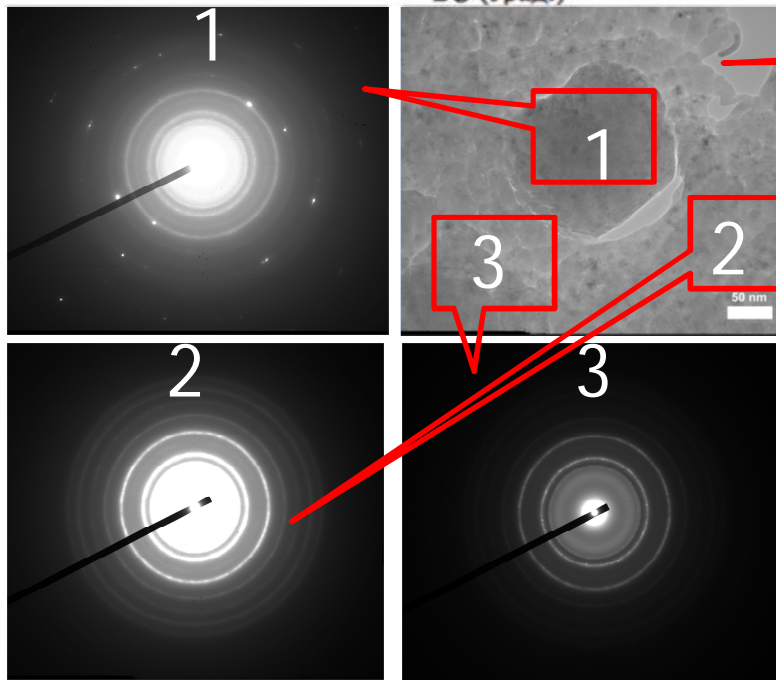
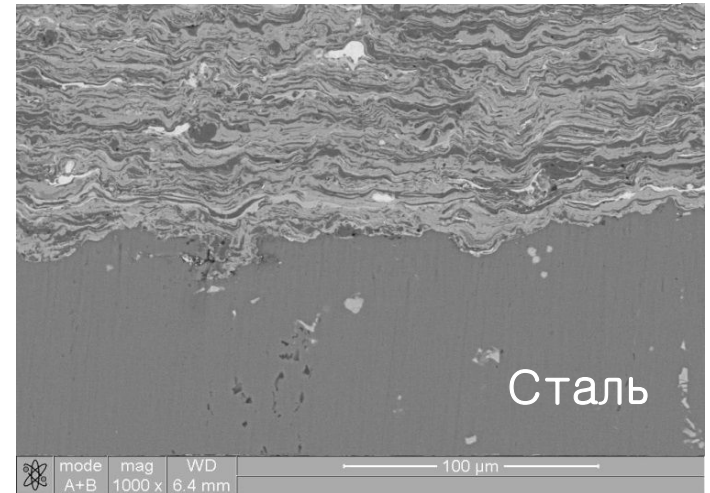
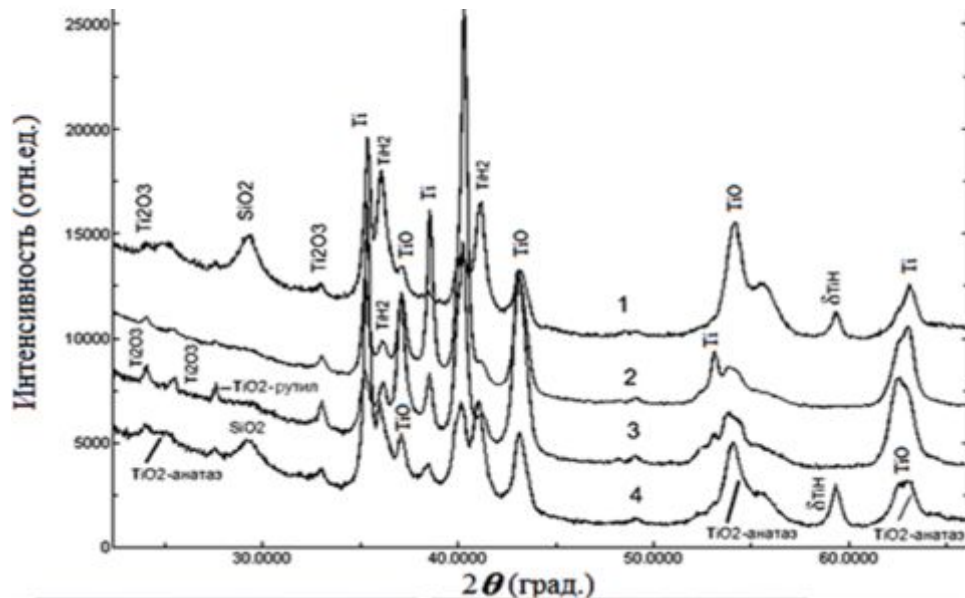
Размер нанокристаллической субструктуры матрицы NiCr ~247 нм.

Структура покрытия из Ti



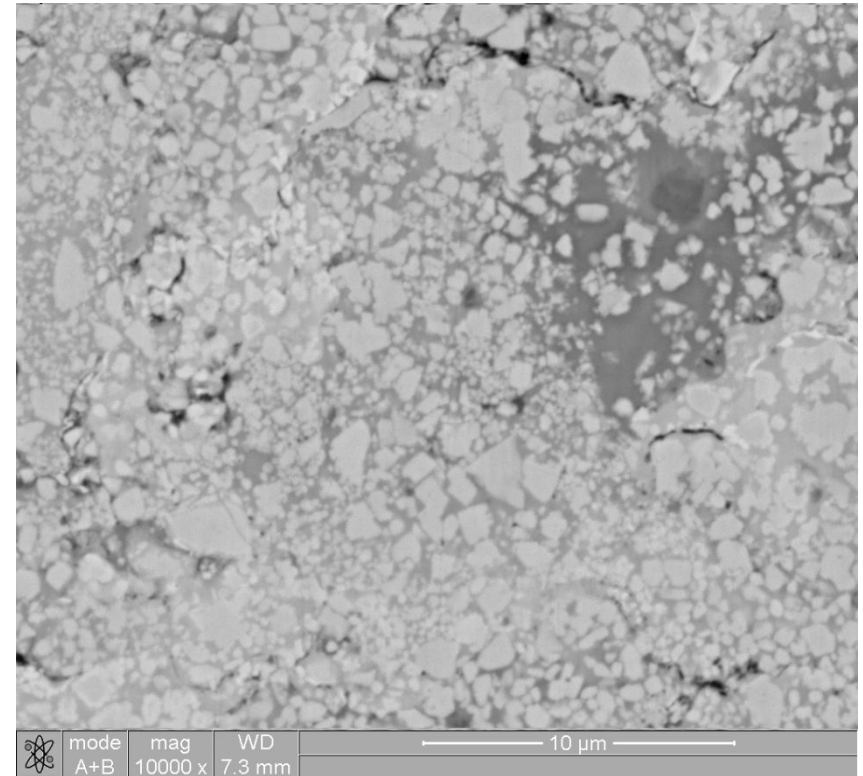
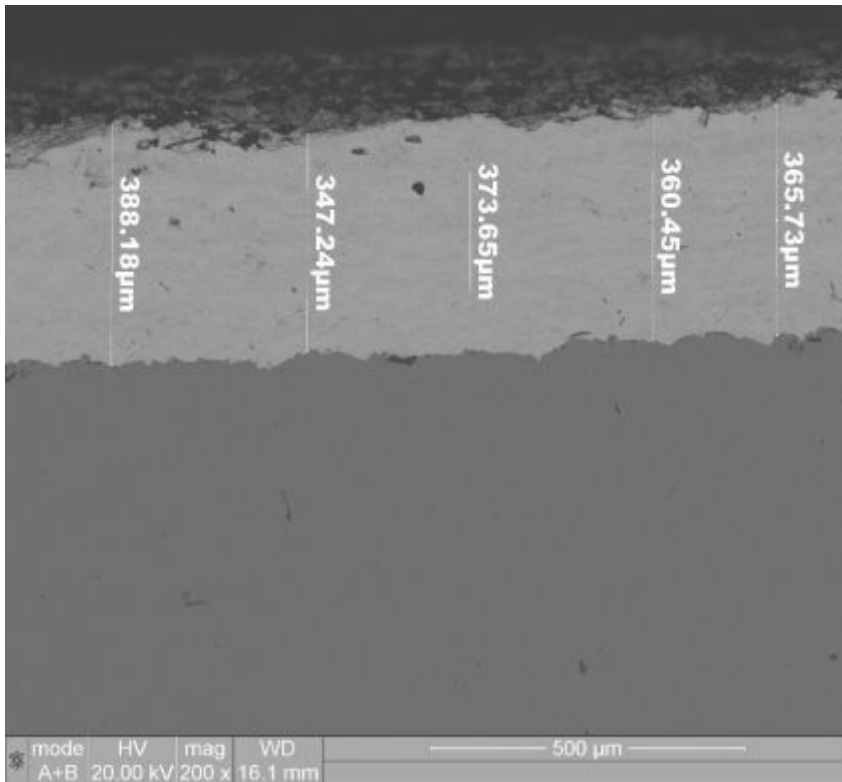
Структурный анализ
нано композиционных
материалов покрытий
на основе титана:
а) - SEM, б)с)- ТЕМ.
() кристаллические
зерна оксида титана
с кубической
решеткой;
(с) аморфные фазы
(C, Ti и Al).

Анализ структуры покрытия из порошка титана



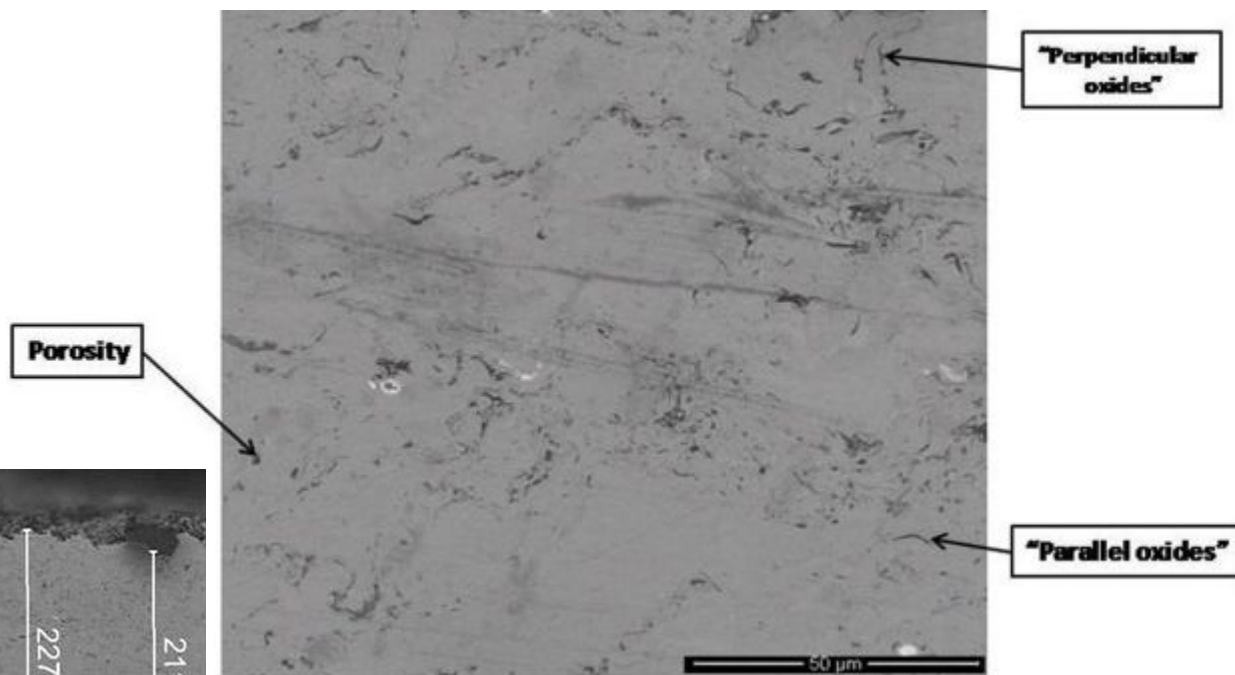
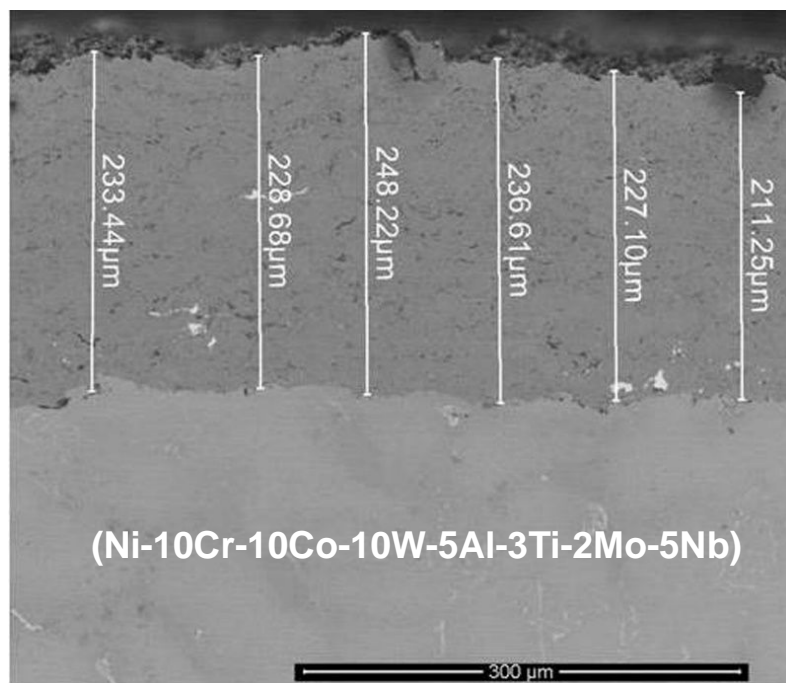
Кислород и углерод, как продукты горения, обеспечивают образование нано кристаллического композита на основе титана. Это покрытие имеет химическую связь с подложкой и не имеет пор. Оно обладает высокой устойчивостью к биологическому обрастанию.

Покрытие из порошка WC-Co-Cr (86% -10% -4%) (*Amperit 554.074*) на поверхности стали (12X18H10T)



1. Материал покрытия с низкой пористостью (<1%).
2. Толщина слоя покрытия до 400 мкм.
3. Эффективность использования порошкового материала (DE) - 86%.
4. Производительность - 2,5 кг / час.
5. Высокая адгезионная прочность - 80 МПа (ASTM C633)
6. Средняя твердость 1100 HV0.3

Термостойкие покрытия из порошка Co-25Cr-11Al-1Y на супер сплаве на основе никеля JS6U



1. Материал покрытия с пористостью $< 0,5\%$.
2. Толщина слоя покрытия до 250 мкм.
3. Эффективность использования порошкового материала (DE) $> 85\%$.
4. Средняя твердость 600 HV0.3

Четырехслойное керамическое покрытие повышенной толщины (>0,5 мм)

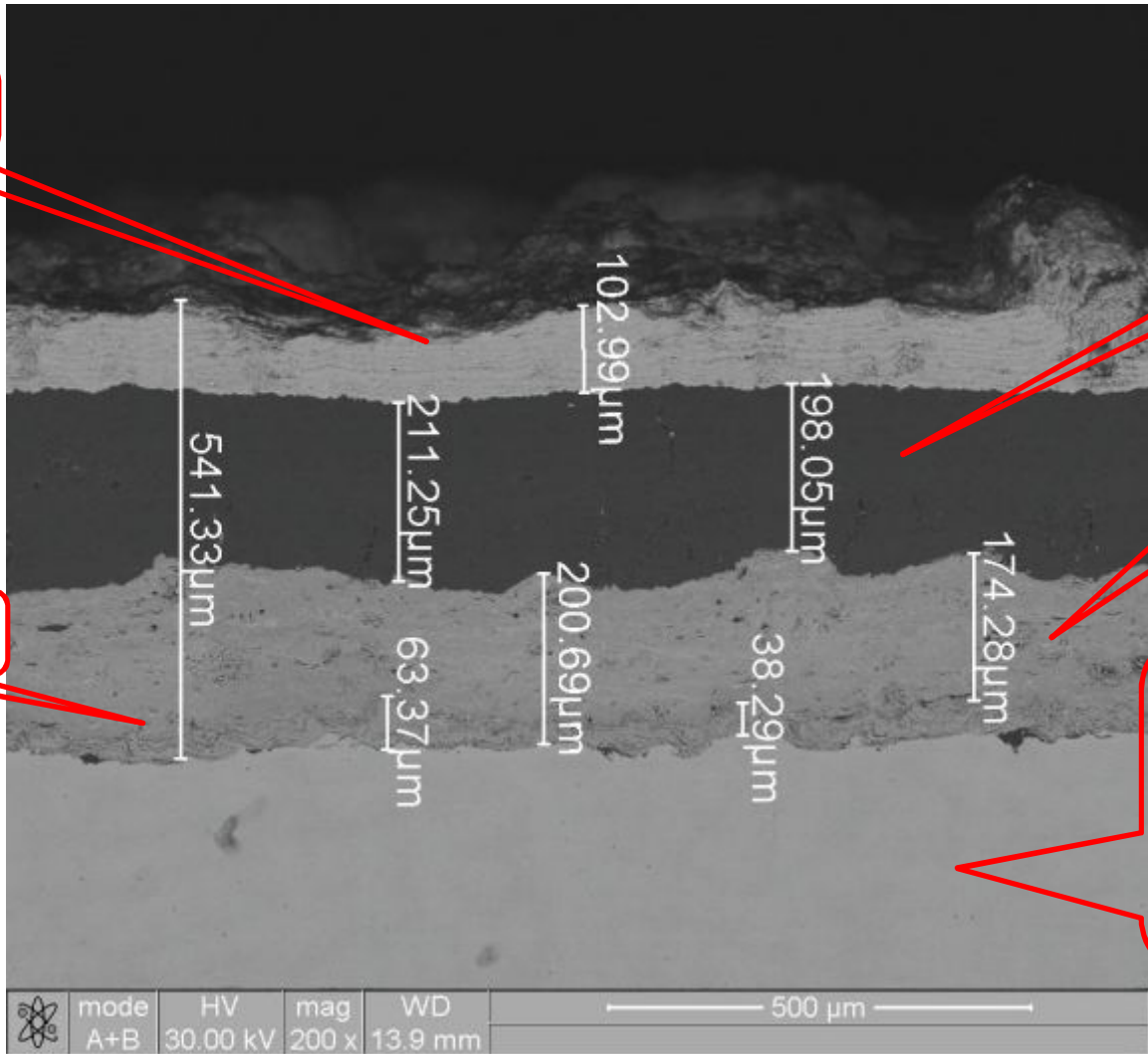
ZrB₂+MoSi₂

Al₂O₃

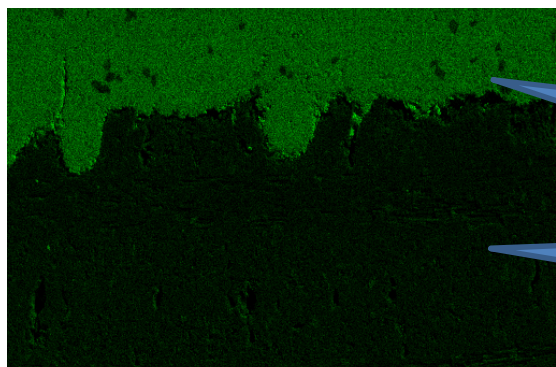
ZrO₂+SiO₂

CoCrAlNiSi

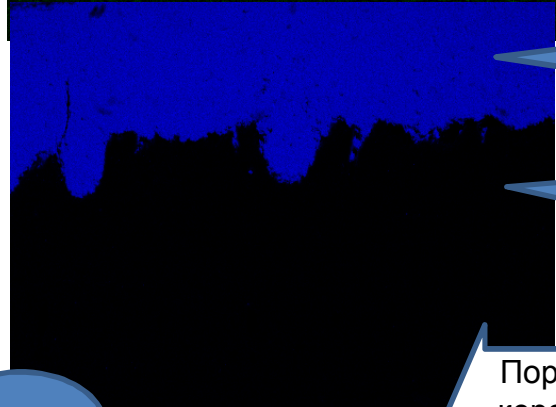
High-temperature alloy:
9% Cr; 10% Co; 10% W;
20% Mo; 1% Mb; 5,5% Al;
5% Ti; 0,3% C; 0,02% Ce;
0,04% Zr; 0,035%, B



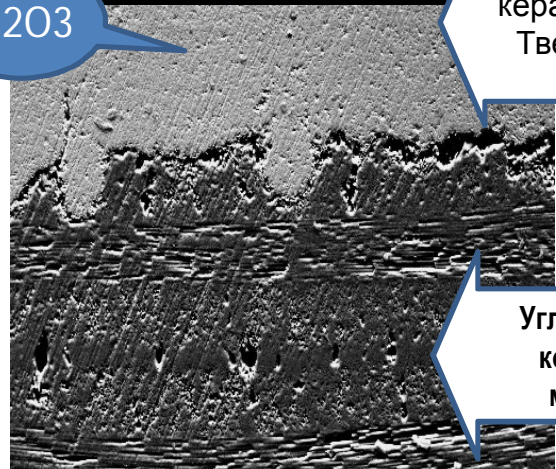
МНОГОСЛОЙНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДУГЛЕРОДНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА УУКМ



Al



C

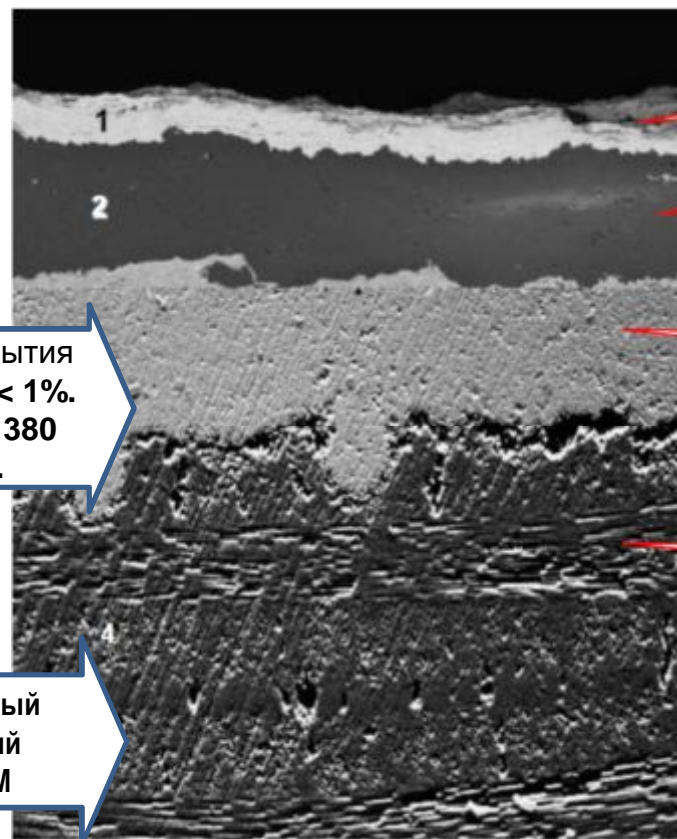


Al₂O₃

На слой алюмооксидной керамики возможно нанести nano-композиционные керамические материалы, например:
теплозащитные (ZrO_2+SiO_2) + оксиды PM3
жаростойкие (ZrB_2-MoSi_2) + титанаты B,Zr...

O₂

C



ZrB₂+MoSi₂

ZrO₂+SiO₂

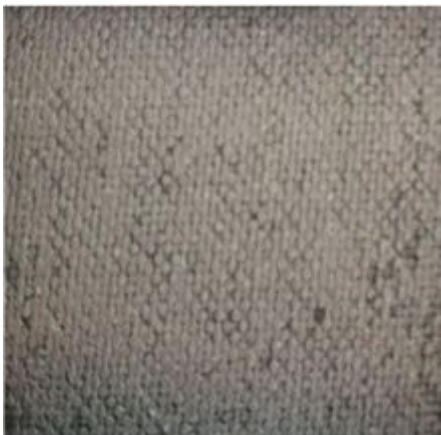
Al₂O₃

УУКМ

Пористость покрытия керамики Al₂O₃ < 1%.
Твердость до 1380 HV 0,3 МПа.

Углеродуглеродный композиционный материал УУКМ

Формирование покрытия на поверхности изделий из текстолита



Глинозем
(TiO₂ -70%
+Al₂O₃ -30%)



Бронза
(Cu-base,
Al 8,5...10,5%,
Fe ≤ 4%)



Оксид алюминия
(Al₂O₃);



Оксид алюминия
на медной
подложке
(Cu-base,
Al 8,5...10,5 %,
Fe ≤ 4%)

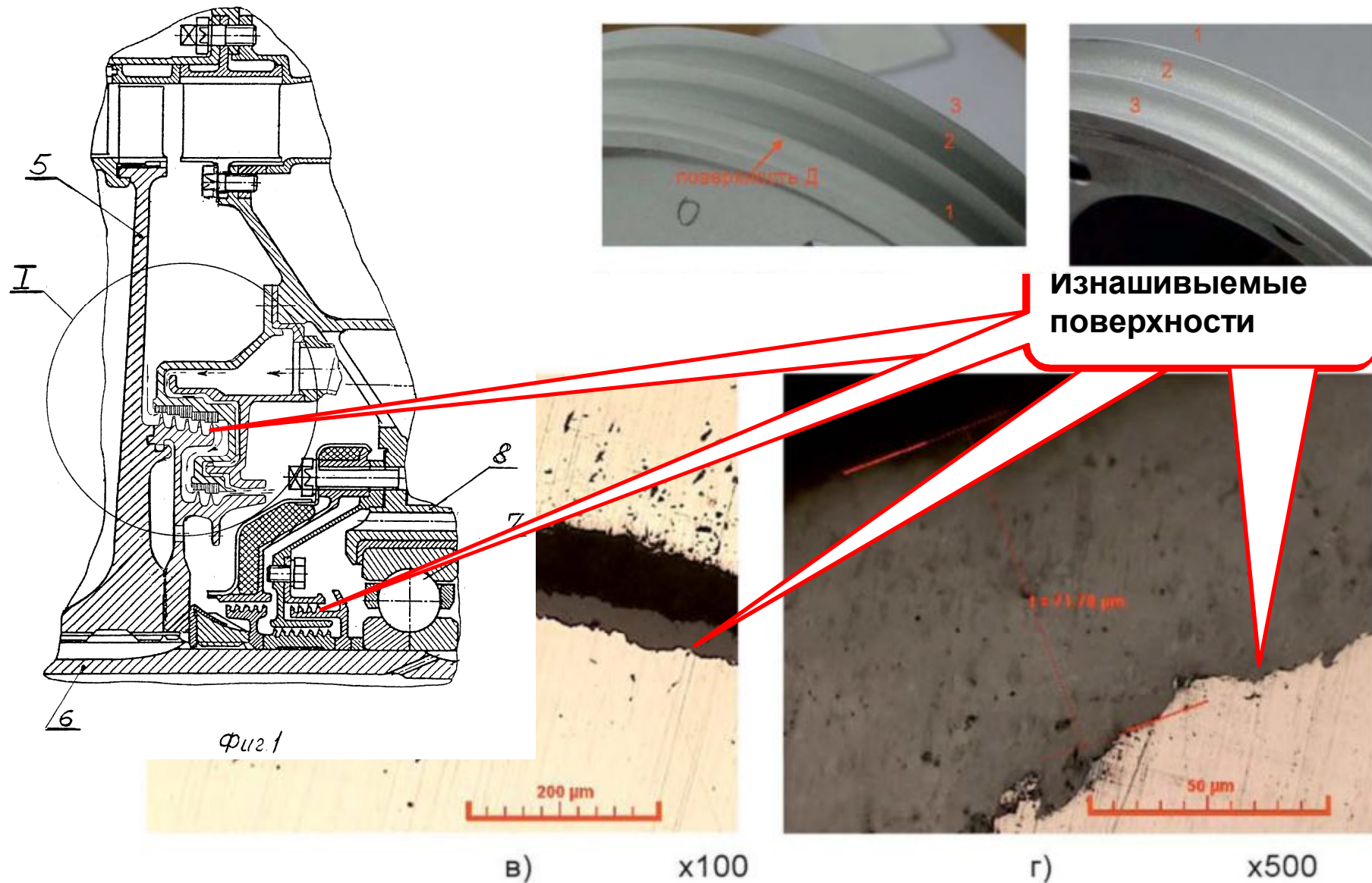


Никель
(Ni-base, Al 5%)

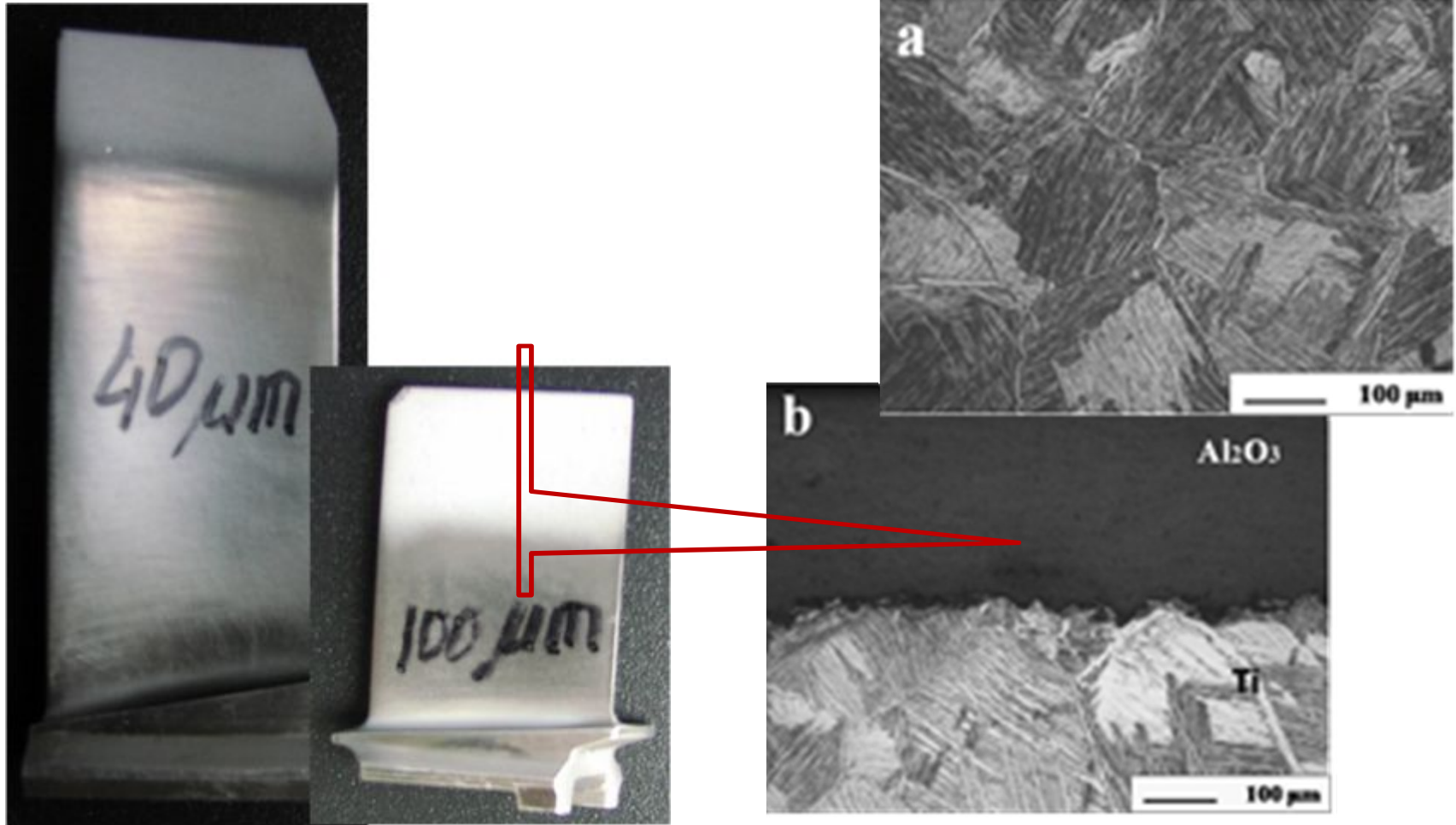


Разрушенный
слой
текстолита
совместно
с керамическим
слоем

Керамическое покрытие на рабочей поверхности лабиринтного уплотнения в турбине газотурбинного двигателя (ГТД)



Керамическое покрытие на поверхности титановой лопатки турбины (ГТД)



Микроструктура (ОМ) титанового сплава OT4sv:

а) в начальном состоянии;

б) поперечное сечении покрытия Al₂O₃ и титановой подложки.

Керамическое покрытие на поверхности горелок

POROUS (BULK) MATRIX

Экономические выгоды от использования инфракрасных горелок:

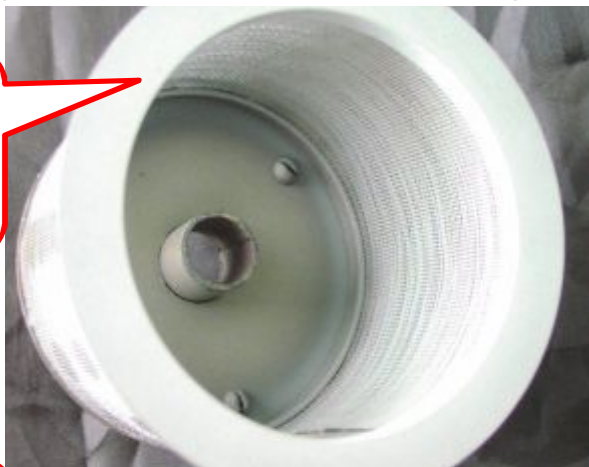
Отопление зданий - экономия до 50% в год.

Газовые обогреватели - экономия до 35-50%.

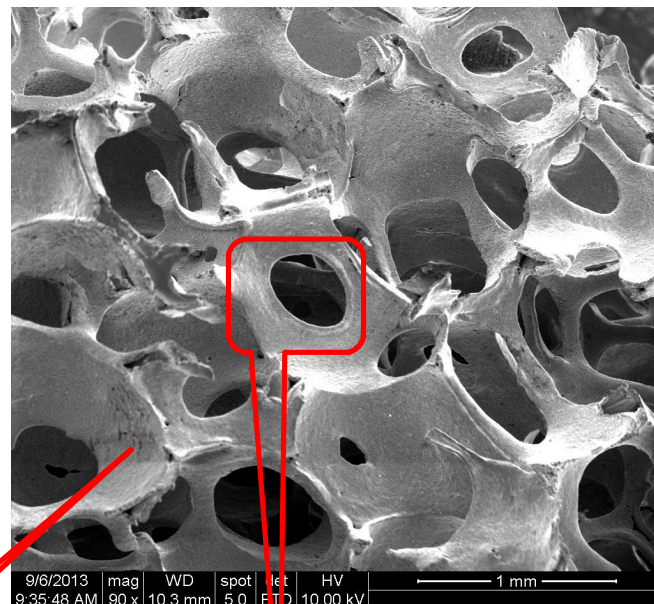
Снижение NOx и CO до уровня фона.

Увеличение урожайности парниковых культур.

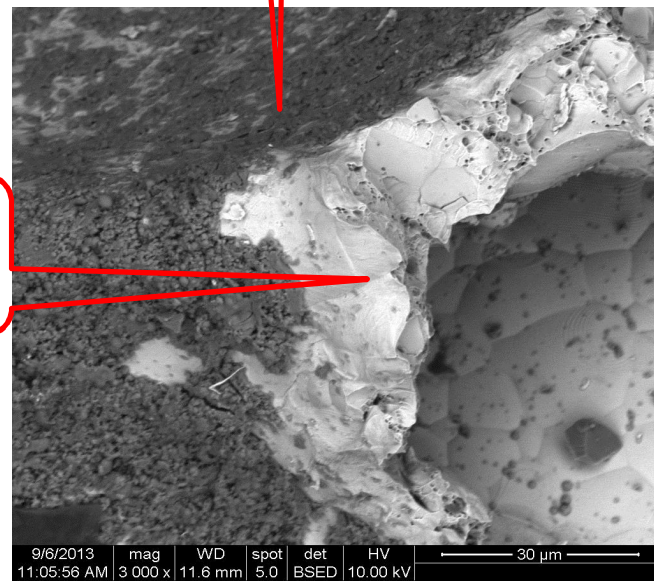
Porous burner (cylinder)



Porous (bulk) matrix



The coating Al₂O₃






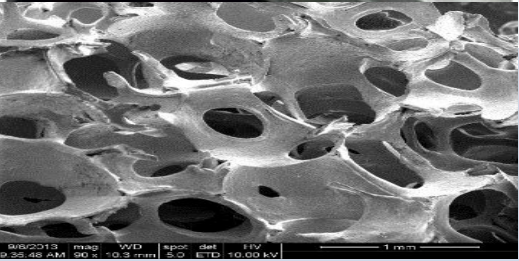
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУМУЛЯТИВНО-ДЕТОНАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИЗДЕЛИЙ, РАБОТАЮЩИХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Наименование изделия	Материал		Условия Эксплуатации	Эффективность	Фотография изделия
	Изделия	Покрытия			
Польный вал электрического двигателя. Геофизический прибор.	BT-6	WC+CrNi	Гидроабразивный износ, вибрация и удары о статор двигателя.	Изделие отработало 2 года	
Корпус прибора. Геофизический прибор	BT-6	Al2O3	Гидроабразивный износ, абразив до 1 мм, давление до 200 атм.	Изделие отработало 2 года	
Отсекатель потока жидкости Геофизический прибор.	BT-6	Al2O3	Гидроабразивный износ, абразив до 1 мм, давление воды до 200 атм.	Изделие отработало 2 года	
Лопатка компрессора. Авиационная турбина.	OT-4	Al2O3+4%Ti	Трение торца лопатки о обечайку при скорости 1000 м/сек.	Изделие отработало. Износ покрытия не обнаружен.	

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУМУЛЯТИВНО-ДЕТОНАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИЗДЕЛИЙ, РАБОТАЮЩИХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Наименование изделия	Материал		Условия Эксплуатации	Эффективность	Фотография изделия
	Изделия	Покрытия			
Ротор винтового компрессора Пневмопривод.	AlMgSi	WC+CoCr	Сухое трение, абразив, пары воды, скорость ротора до 60 000 об/мин.	Износ покрытия не обнаружен	
Корпуса роторного двигателя Авиация.	AK4-1	Al2O3	Трение о поверхность стального ротора в условиях температур до 400 оС.	Двигатели работают на легкомоторной авиации. Износ покрытия не обнаружен	
Камера сгорания. Дизельный двигатель.	AK-6	ZrSiO4	Высокая температура, термоциклирования.	Покрытие работает без разрушения.	
Торцевой подшипник. Гидравлика.	AK-4	Al2O3	Абразивный износ в условиях давлений жидкости 40-80 атм.	Многократно увеличен ресурс работы шестеренчатого насоса	

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУМУЛЯТИВНО-ДЕТОНАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИЗДЕЛИЙ, РАБОТАЮЩИХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Наименование изделия	Материал		Условия Эксплуатации	Эффективность	Фотография изделия
	Изделия	Покрyтия			
Скребок печатный Полиграфия.	65Г –полоса, толщиной 0,6 мм.	WC+CrNi	Сухое трение и износ о краску, содержащую окислы металлов.	Партии скребков успешно эксплуатируются в промышленности.	
Полый вал Полиграфия.	40X	WC+CrNi	Трение о бумагу, содержащую окислы кремния	Партии валов успешно эксплуатируются в промышленности.	
Лабиринтное уплотнение. Авиационная турбина.	9% Cr; 10% Co; 10% W; 20% Mo; 1% Nb; 5,5% Al ; 5% Ti; 0,3% C; 0,02% C e: 0,04%	Al2O3	Трения и износ о металлическую подложку при температуре до 800оС.	Покрyтие на поверхности уплотнения в турбине работает без разрушения.	
Пористая матрица. Газовая горелка.	CoCrAlNiSi	Al2O3	Окислительный износ в условиях температур до 1200 оС	Множyкратно увеличен ресурс работы сопел и горелки.	

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУМУЛЯТИВНО-ДЕТОНАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИЗДЕЛИЙ, РАБОТАЮЩИХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Наименование изделия	Материал		Условия Эксплуатации	Эффективность	Фотография изделия
	Изделия	Покрyтия			
Ролик печи отжига. Металлургия.	4X4BMΦC (ДИ-22)	Al ₂ O ₃ +5%Ti	Износ при трении о стальной лист имеющий температуру 1000 оС.	Покрyтие на ролике не изнашивается в процессе эксплуатации.	
Ролик в прокатном стане. Металлургия.	35XГСА	WC+12%CoCr	Трение о поверхность нагретого стального проката.	Покрyтие на ролике не изнашивается при эксплуатации.	
Сферический запорный клапан. Гидравлика.	X18H9TK	WC+20CrNi	Механо-окислительный износ при высоких контактных нагрузках.	Покрyтие на поверхности сферы работает без разрушения.	
Плита кристаллизатора Металлургия.	Cu-1	Cr ₃ C ₂ +25%NiCr	Абразивный износ в условиях температур 600-1000оС и контакта со стальным слитком.	Множкратно увеличен ресурс работы плит кристаллизаторов	