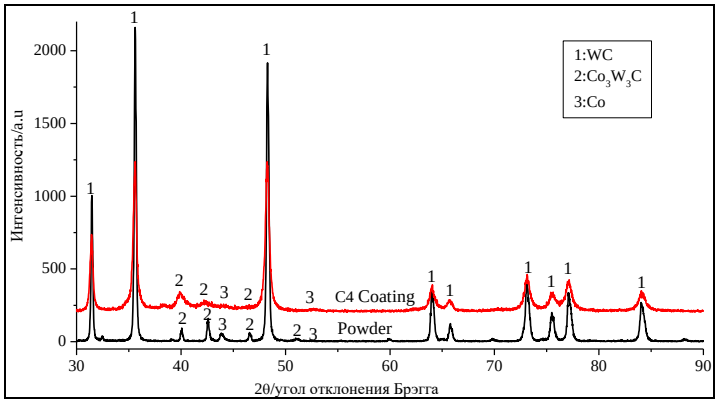
# Защитные покрытия Kermetico HVAF для внутренних диаметров трубопроводов, сосудов и промышленного оборудования



Горелка Kermetico AK HVAF представляет собой «маленький реактивный двигатель», сжигающий горючий газ в сжатом воздухе и создающий струю частиц порошка со скоростью от 800 до 1200 м/с. Такие частицы образуют чрезвычайно плотные и прочные покрытия. Наши «фирменные» покрытия - это покрытия из карбида вольфрама (WC-12Co, WC-10Co-4Cr и т.п.), которые газонепроницаемы и имеют твердость 1400-1700 $HV_{300}$. Несмотря на их высокую твердость эти покрытия не являются хрупкими, поскольку при напылении не происходит обезуглероживания или окисления в сравнительно низкотемпературном процессе HVAF.

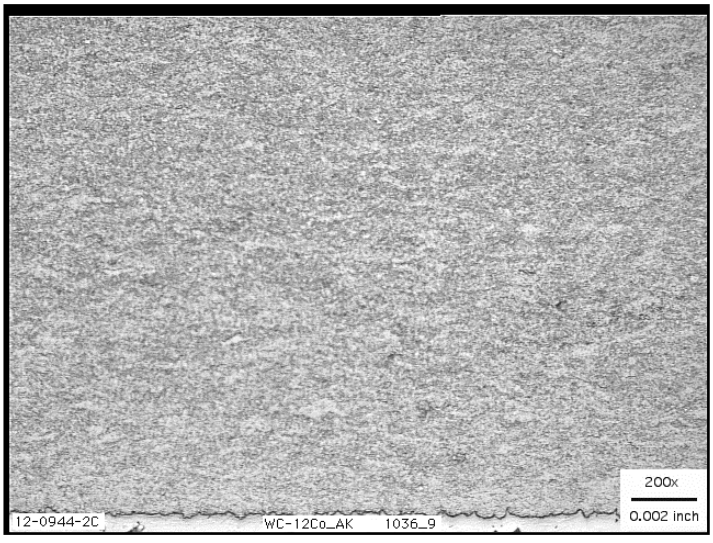
## Особенности процесса Kermetico HVAF

**Точный нагрев:** Температура сгорания топливовоздушных смесей (1800-1980 °C) идеально подходит для постепенного и точного нагрева напыляемых частиц металлов и карбидов до или чуть выше температуры плавления металлов. Это предотвращает окисление материала, разложение карбида и образование других дефектов покрытия. Многие сплавы могут применяться без плавления частиц.




**Данные рентгенофазового анализа покрытия WC-12Co HVAF и исходного порошка**

Изменения фазового состава не происходило во время напыления HVAF




**Микроструктура того же покрытия WC-12Co HVAF**

Твердость покрытия:
1540 +/- 56 $HV_{300}$

Прочность сцепления покрытия с углеродистой сталью согласно ASTM C633 (Обработанная поверхность, без пескоструйной очистки):
- 0.25 мм толщина: >75 МПа
- 1.00 мм толщина: >75 МПа
(100% адгезия)

**Эффективность нагрева:** Напыляемы частицы порошка подаются через камеру сгорания. Таким образом, их нагрев происходит при высоком давлении, где теплообмен является наиболее эффективным. Размер камеры обеспечивает длительное время пребывания напыляемых частиц для нагрева. Таким образом, эффективность передачи энергии заметно возрастает по сравнению с другими высокоскоростными методами напыления, что приводит к гораздо более высокой производительности напыления горелок HVAF, более 33 кг/ч для больших горелок и до 5 кг/ч для самых маленьких горелок мощностью 30 кВт.

**Эффективность ускорения:** Большой диаметр сопла снимает ограничения по длине сопла, известные другим горелкам. Напыляемые частицы порошка могут быть ускорены до скорости газа (более 1000 м/с). При этом скорость частиц часто целенаправленно ограничивается для достижения необходимого КИМ процесса (стоимости) и уменьшения остаточных напряжений в покрытии.

**Равномерное качество покрытия:** Диаметр струи напыляемых частиц в несколько раз меньше диаметра сопла. Влияние стенки сопла на скорость распыления частиц пренебрежимо мало, обеспечивая равномерное ускорение частиц и улучшенную структуру и свойства покрытия.

**Горелки AK-HVAF**

Kermetico Inc. разрабатывает и производит горелки AK-HVAF и газотермическое оборудование HVAF с 2006 года. Компания активно участвует в сфере услуг по нанесению покрытий, напыляя маленькие детали размером в несколько сантиметров, большие детали весом в 9 тонн, гидротурбинных роторов диаметром 1,8 м длиной 7,5 м нефтеперерабатывающих судов на своем производстве, расположенным в промышленном парке Бенисия, штат Калифорния.

Чтобы обеспечить необходимую гибкость и эффективность нанесения покрытий на детали разных размеров, Kermetico Inc. разработала линейку пистолетов AK-HVAF различной мощности:



**AK7**

200 кВт горелка для нанесения покрытий на большие детали (ролики, плиты) и сосуды с внутренним диаметром 1,8 м и более



**AK6**

130 кВт горелка для нанесения покрытий на валы и ролики диаметром 15-250 мм, длиномерные детали (наружные поверхности труб и роторов) и сосуды с внутренним диаметром более 1,2 м



**AK5**

80 кВт горелка для нанесения покрытий на небольшие диаметры или тонкостенные детали, а также для напыления внутренних поверхностей труб и сосудов диаметром 250–1500 мм



**AK-ID**

35 кВт горелка для напыления внутренних поверхностей диаметром от 80 мм. Стандартная длина 0,9–1,5 м

**Вращающаяся горелка AK-HVAF**

Вращающиеся горелки, недавно разработанные Kermetico Inc., являются идеальными инструментами для нанесения покрытий внутри деталей сложных форм, таких как колена, переходные насадки прямоугольной формы, а также для внутреннего напыления деталей, вращение которых затруднено или невозможные, такие как стационарные тяжелые корпуса, сосуды с длинными выступающими патрубками, тяжелые блоки цилиндров, корпуса насосов и т. д. В механизме вращения Kermetico используются двигатели с высоким крутящим моментом, в то время как сама горелка установливается на роботе или устройстве линейного перемещения.



**AK-IDR**

Подходит для внутренних диаметров от 100 мм и больше. Горелка установлена на вращающем механизме RPT-A; Длина горелки позволяет напылить 300-600 мм

## Нанесение покрытий на внутренние поверхности сосудов и патрубков

**Антикоррозийные покрытия Hastelloy C для сосудов нефтеперерабатывающих заводов**





Нанесение покрытия Hastelloy C внутри сосуда для удаления серы.

Сосуд имеет диаметр 1,8 м, длину 7,5 м, и для внутреннего доступа имеется только один люк длиной 600 мм. Вращающаяся горелка AK5 использовалась для нанесения покрытия. Тележка с вращающейся горелкой, перемещалась внутри сосуда. Робот был использован для перемещения тележки. Дополнительный движущийся рычаг использовался для позиционирования горелки и угла напыления сосуда. Таким образом была покрыта вся внутренняя поверхность сосуда.



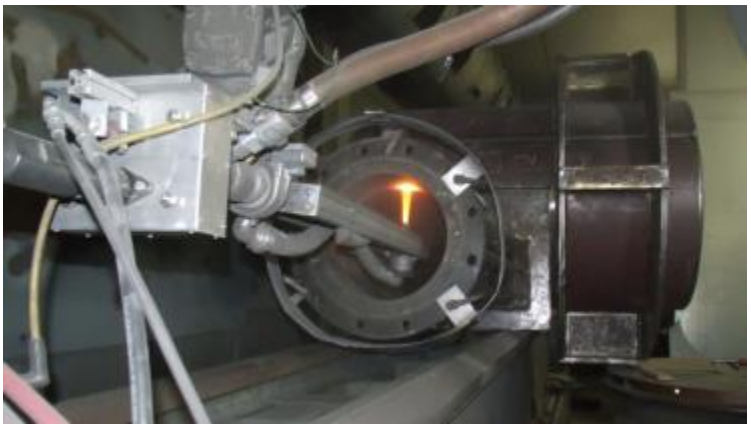
**Эрозионно-стойкие покрытия карбида вольфрама WC-10Co-4Cr внутри циклонов**





Покрытие WC-10Co-4Cr было нанесено на корпус циклона для транспортировки кокса на нефтеперерабатывающем заводе с помощью нашей вращающейся горелки АК-5. Корпус циклона имел диаметр 838 мм и длину 1500 мм. Выступающая переходной патрубок на 1200 мм не позволял вращать корпус циклона. Механизм вращения поддерживал горелку на конце, делая возможным перемещать горелку внутрь корпуса на 1800 мм.

Патрубок диаметром 300 мм и его переход в прямоугольник 400x230 мм напыляли с помощью нашей горелки АК-5-ID, установленного на вращающемся устройстве длиной 900 мм (ниже).





Нанесение покрытия WC-10Co-4Cr с помощью нашей вращающейся горелки АК-5 внутри двойного колена линии транспортировки кокса. Внутренний диаметр колена составляет 300 мм, общая длина 1800 мм.





Вид покрытия





**Покрытия внутри небольших диаметров**

Широкое развитие компании в 2012 году привело к созданию горелки AK-ID HVAF, способной наносить покрытия из карбида вольфрама на внутренние поверхности диаметром от 80 мм. Новые идеи были успешно реализованы в конструкции этой горелки. При эквивалентной мощности всего 30 кВт горелка напыляет 5-6 кг карбида вольфрама в час, достигая твердости 950 $HV_{300}$ с внутренним диаметром 80...100 мм и свыше 1200 $HV_{300}$ с внутренним диаметром 115...125 мм.

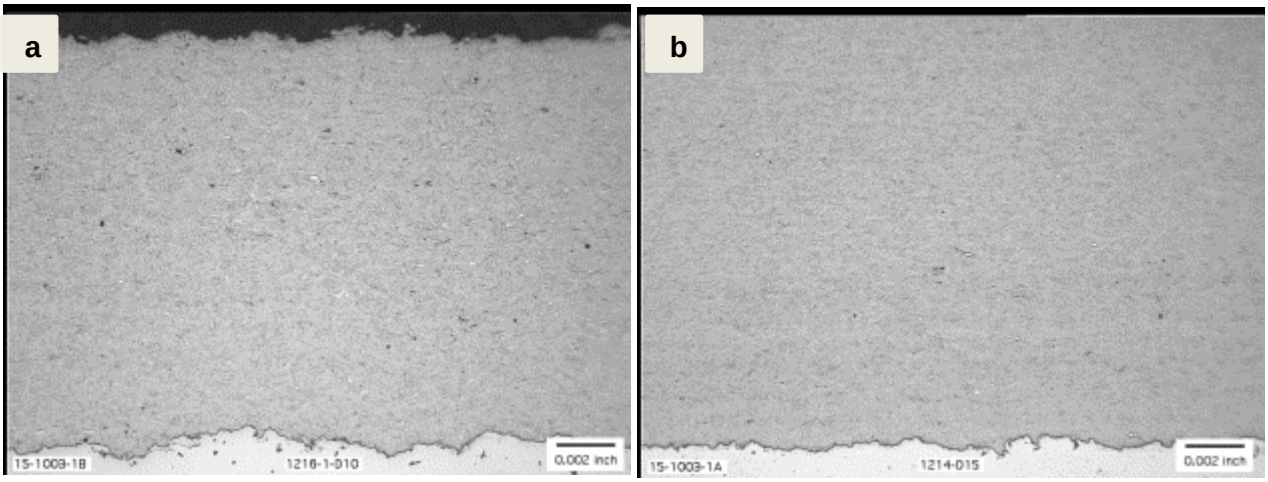
AK-ID является самой маленькой высокоскоростной горелкой в мире, способной наносить качественные покрытия с внутренним диаметром 80 мм.







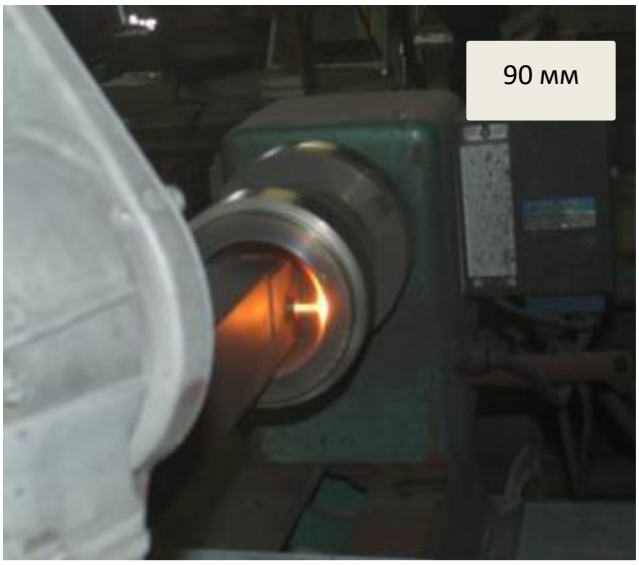
Микроструктура покрытия карбида вольфрама (WC-10Co-4Cr) напыленного горелкой AK-ID во внутреннюю поверхность диаметром 100 мм (a) и 125 мм (b)

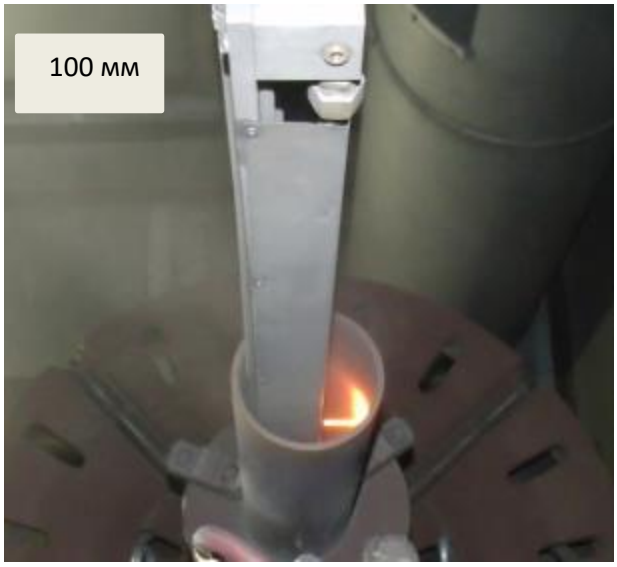



WC-10Co-4Cr, внутр. поверхность 100 мм
Твердость 1155 $HV_{300}$, Пористость <0.1%

WC-10Co-4Cr, внутр. поверхность 125 мм
Твердость 1300 $HV_{300}$, Пористость <0.1%

**Нанесение покрытий с помощью AK-ID HVAF: цилиндры и трубы**



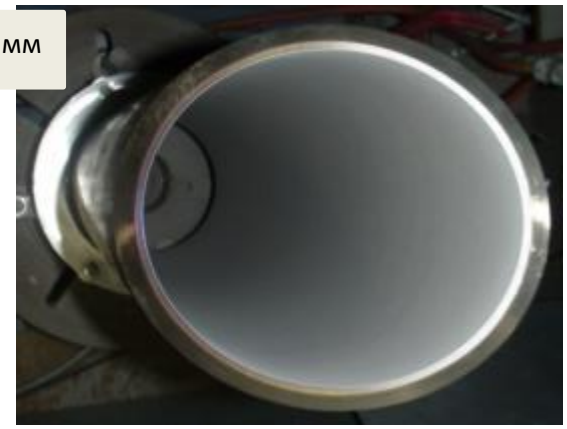







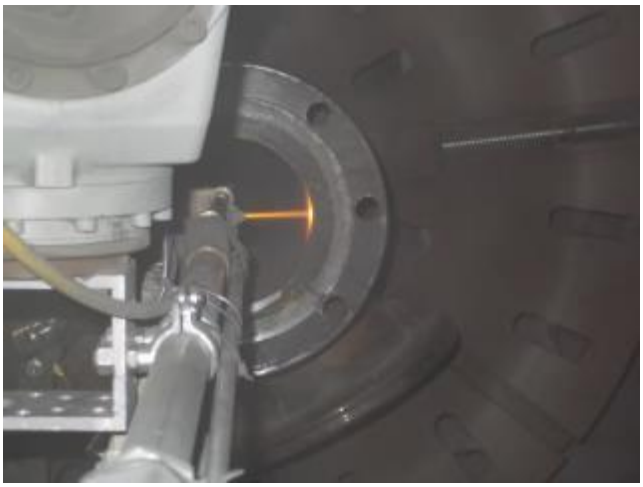




**Нанесение покрытий WC-10Co-4Cr горелкой AK-ID HVAF:**

**Труба для транспортировки кокса с внутренним диаметром 150 мм**

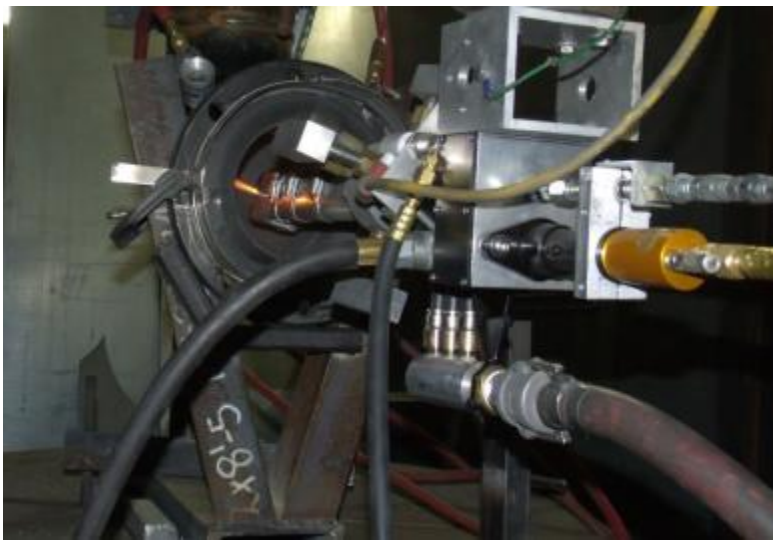


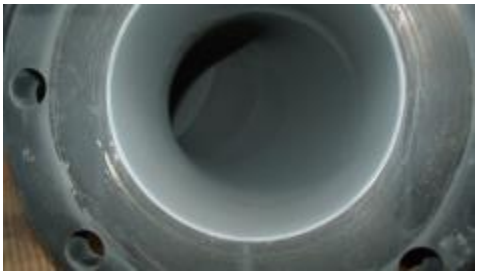


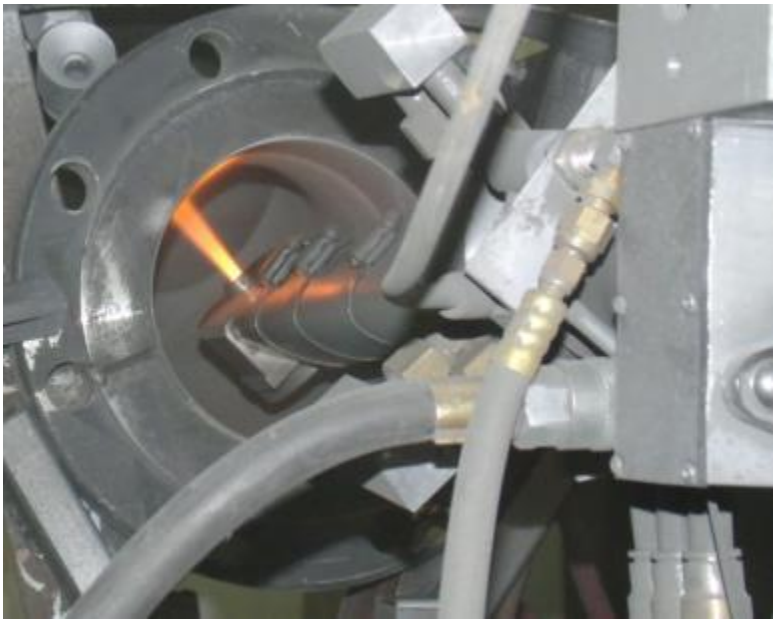




**Нанесение покрытия WC-10Co-4Cr вращающейся горелкой AK-IDR внутри колен, внутренний диаметр 150 мм:**









**Контактная информация**

ООО "ИНДМЕТ" г. Санкт-Петербург, г. Колпино, ул. Северная 12, лит. А

Генеральный директор Карпенко Игорь Леонидович
Тел. 8-965-036-1515
Почта: Karpenko@indmet.ru